Égitestek

búvár zsebkönyvek

Móra



CSABA GYÖRGY, GÁBOR

Égitestek

BÚVÁR ZSEBKÖNYVEK

MÓRA FERENC KÖNYVKIADÓ

AZ ÁBRÁKAT TARACSÁK GÁBOR KÉSZÍTETTE

A BORÍTÓT URAI ERIKA TERVEZTE

Mindnyájan ismerjük azt a különös, titokzatos érzést, amely az égitestek szemlélőjét elfogja akkor is, ha jól ismeri az eget, s el tud igazodni a csillagképek között. Ezer évekkel ezelőtt élt őseink is figyelték az égitesteket: gyönyörködtek a Hold ezüst sarlójának alakváltozásaiban, a csillagok méltóságteljes mozgásában. Nem tudhatták, valójában mik az égitestek: isteneknek hitték őket, s jósolni próbáltak mozgásukból. (Ennek maradványa, a csillagjóslás babonája ma is él.)

Őseinknek fontos célja volt a csillagászati megfigyelésekkel. Fölfedezték, hogy a csillagok és a Nap járásából le lehet olvasni az időt és a fő égtájak irányát. Akkoriban főként a papok foglalkoztak csillagászattal. Az ő feladatuk volt a csillagistenek tiszteletének megfelelő formáiról gondoskodni, és számon tartani az időt: az órákat, a napokat és az éveket. Ez korántsem volt könnyű; a csillagász-papoknak jól kellett ismerniük a csillagokat, járatosnak kellett lenniük bizonyos egyszerű szögmérő műszerek használatában és a matematikában.

Azóta a csillagászok megismerték azokat a fizikai törvényeket, amelyek az égitestek mozgását meghatározzák, és ma már előre ki tudják számítani, melyik égitest mikor, hol fog látszani. Fölfedezték azokat a módszereket, amelyekkel megmérhetjük az égitestek távolságát. Megállapították, miből vannak és hogyan „működnek" a csillagok, sőt elméletben végig tudják követni fejlődésüket – ami azért is nagy dolog, mert egy átlagos csillag több mint tízmilliárd évig ragyoghat. Napjainkban – új műszerek, a számítógépek és az űrkutatás segítségével – a csillagászat oly gyors fejlődésnek indult, hogy e tudományág „forradalmáról" is beszélhetünk.

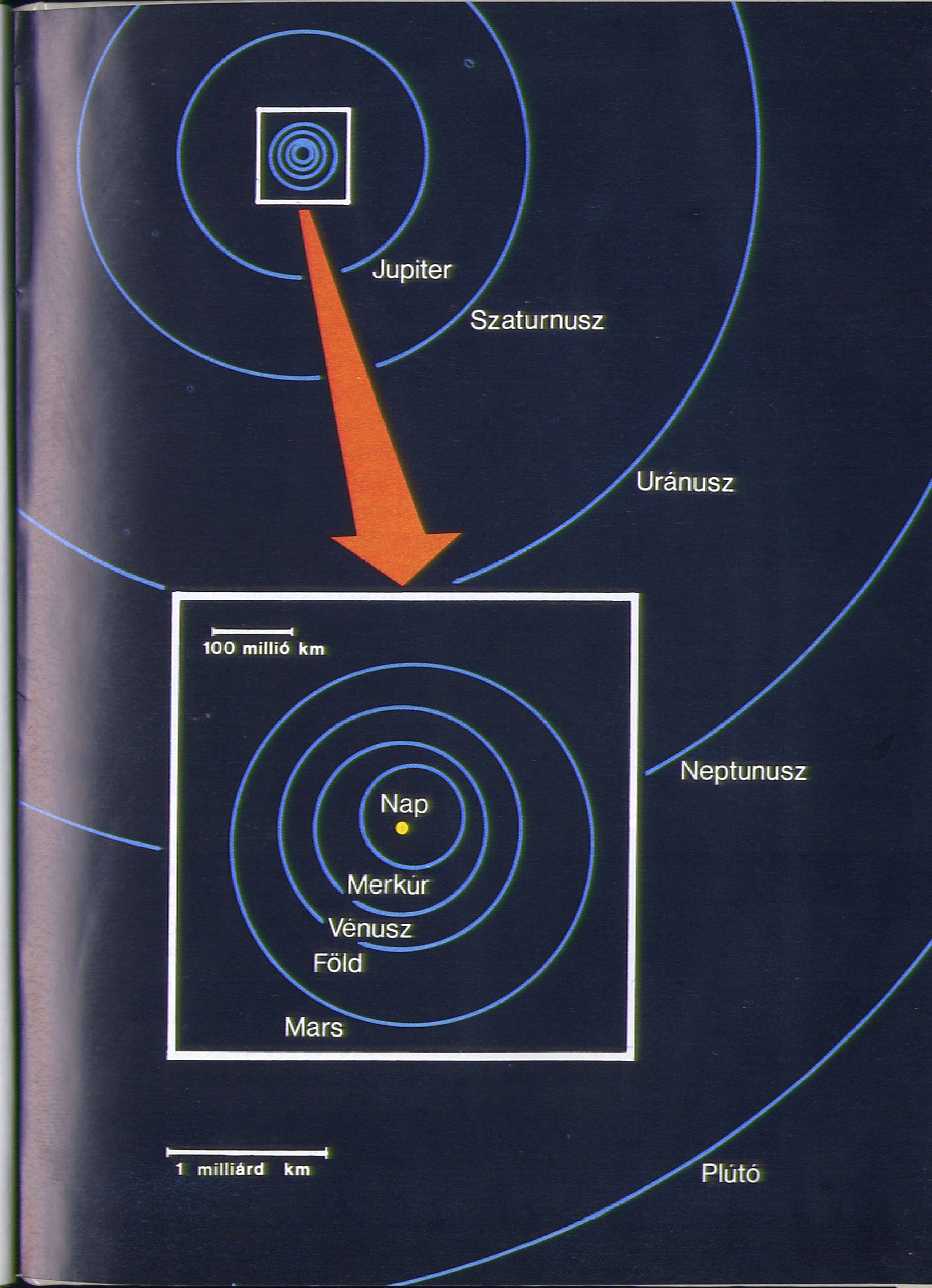
1. A Naprendszer. Naprendszernek a Nap és a körülötte keringő égitestek együttesét nevezzük. A Nap tömegvonzásával maga körül – nagyjából közös síkban – keringésre késztet számos apróbb testet: nagybolygókat, kisbolygókat, meteoroidokat, üstökösöket, kozmikus porszemcséket. A nagybolygók körül pedig kisebb testek, holdak keringhetnek. Naprendszerünk égitestjeinek keringési (és forgási) iránya általában azonos.

A Naprendszer tulajdonképpen az a térrész, ahol a Nap vonzóereje erősebb, mint a Naprendszer közelében található többi csillagé. Ez a tartomány nagyjából 20 billió km-nyire terjed Napunktól, vagyis a Nap–Föld távolságnak több mint százharmincezerszereséig!

Hogy fogalmat alkothassunk a méretarányokról, képzeletünkben erősen kicsinyítsük le világunkat. Legyen e modellben a Föld egy 13 cm átmérőjű labda! Tőle 4 méterre egy dió kering: a Hold. A Nap másfél km-re van a labda-Földtől; a hozzánk legközelebbi állócsillag pedig több mint 400 ezer km-re!

A rajzot, sajnos, lehetetlen úgy elkészíteni, hogy a méretarányokat is jól szemléltesse. Ha a Földet 1 mm átmérőjű körrel ábrázoltuk volna, akkor a lapon nem fért volna el még a Föld pályája sem.

A bolygók pályája a körhöz eléggé hasonló, de kissé elnyúltabb görbe: ellipszis. A Nap nem a pályaellipszisek középpontjában, hanem az ún. gyújtópontjában van (Kepler I. törvénye). A bolygók a pályájukon haladva hol közelebb, hol távolabb járnak a Naptól. Napközelben sebességük nagyobb, naptávolban kisebb. Kepler II. törvénye ezt így fogalmazza meg: a Napot a bolygóval összekötő szakasz (vezérsugár) egyenlő idők alatt egyenlő területű síkidomokat súrol. Ezek a törvények érvényesek minden naprendszerbeli égitest mozgására, bár az égitestek pályáját az összes többi égitest tömegvonzása – ha kismértékben is – ugyancsak befolyásolja. Ezeket az ún. perturbációkat elég nehéz a pályaszámításokban figyelembe venni.

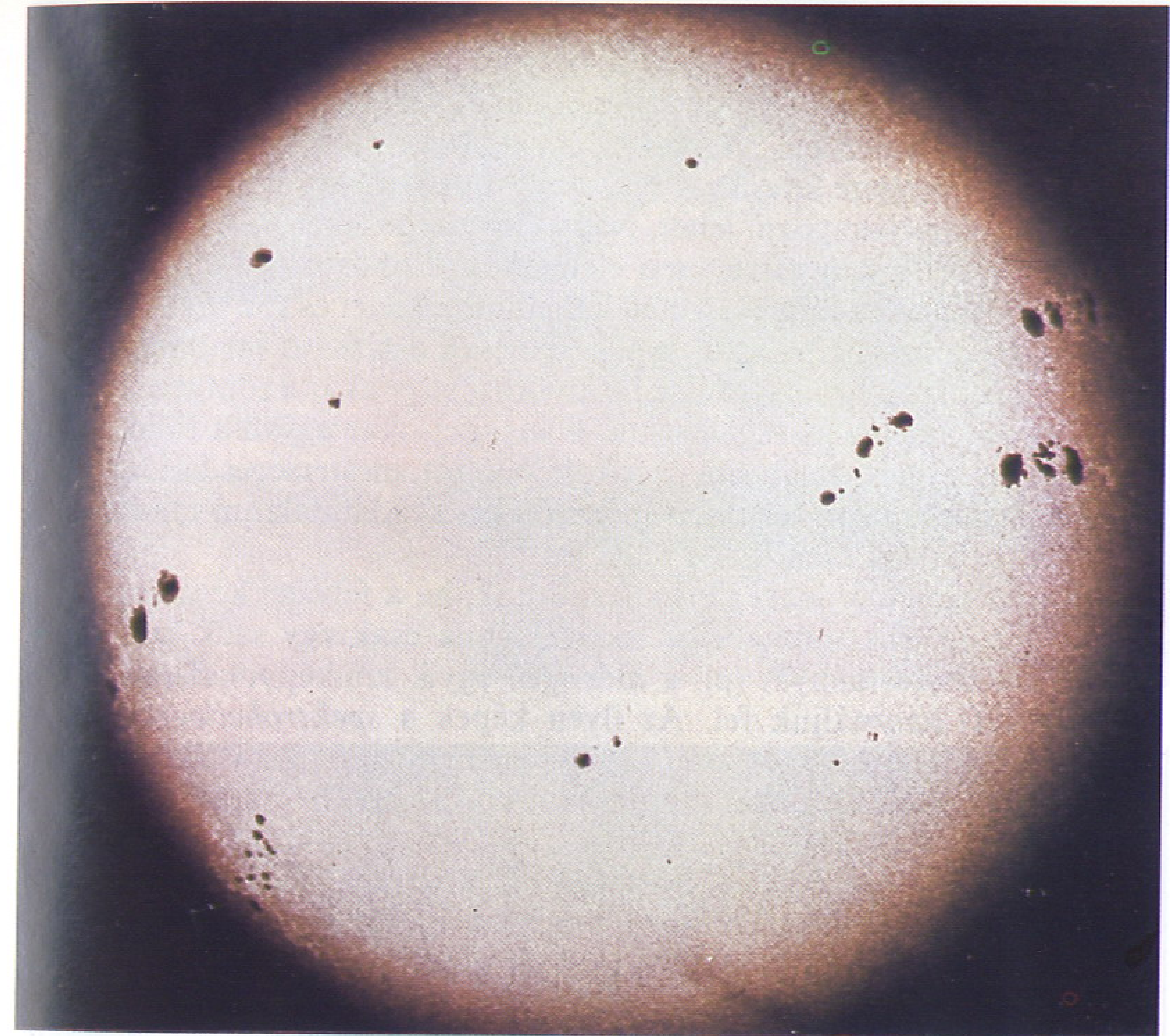


II. tábla

1. A Nap. A Naprendszer központi égitestének átmérője mintegy 1 390 000 km, a Föld átmérőjének 109-szerese. Tömege $2 \cdot 10^{30}$ kg, tehát anyagából – ha kémiai összetétele olyan lenne, mint Földünké – majdnem 332 000 Földet lehetne gyúrni! A Nap, mint színképe elárulja, nagyrészt hidrogénből áll, de anyagának 8–10%-a hélium, és kis mennyiségben minden kémiai elem előfordul benne. Napunk felszíni hőmérséklete mintegy 5800 K; legbelsejében azonban 15–20 millió K-es hőmérséklet uralkodik. Itt hidrogénatommagokból héliummagok épülnek föl; ezt a folyamatot magfúziónak nevezzük. A magfúzió hatalmas energiamennyiséget termel, innen származik a Nap által kisugárzott energia. Napunk teljesítménye kb. $3{,}9 \cdot 10^{23}$ kW! A Nap anyaga, magas hőmérséklete következtében, elektromosan vezető, ún. plazma állapotú, benne erős mágneses terek keletkeznek. Ezeknek nagy a szerepük a közismert napfoltok kialakulásában. A napfoltok azért sötétebbek a felszín többi területénél, mert néhány száz fokkal hidegebbek.

Ha a Nap nem sugározna energiát, akkor a Föld – ha létezne egyáltalán – fagyos és élettelen világ volna. Minden élőlényt a Nap energiája tart életben, és a légkörzés, a tengeráramlások, viharok is tőle kapják a hajtóerőt. A kőolaj, földgáz, szén is voltaképpen rég elpusztult élőlények által elraktározott napenergiát rejt.

Holdunk, sokkal közelebb lévén a Földhöz, mint a Nap, kisebb mérete ellenére éppen el tudja takarni előlünk a Napot. Ez a *napfogyatkozás* (**2**). Napfogyatkozás csakis újhold idején lehetséges, hiszen a Hold csak ekkor járhat a Földről nézve a Nap irányában. Részleges napfogyatkozáskor a Hold a napkorongnak csak egy részét takarja el a megfigyelő elől, teljes napfogyatkozáskor az egészet. Ez utóbbi a Föld adott helyéről nézve igen ritka jelenség: hazánk területéről a történelmi idők óta még nem volt látható. Legközelebb 1999. aug. 11-én délelőtt fog bekövetkezni, ne feledjük el megfigyelni!



1

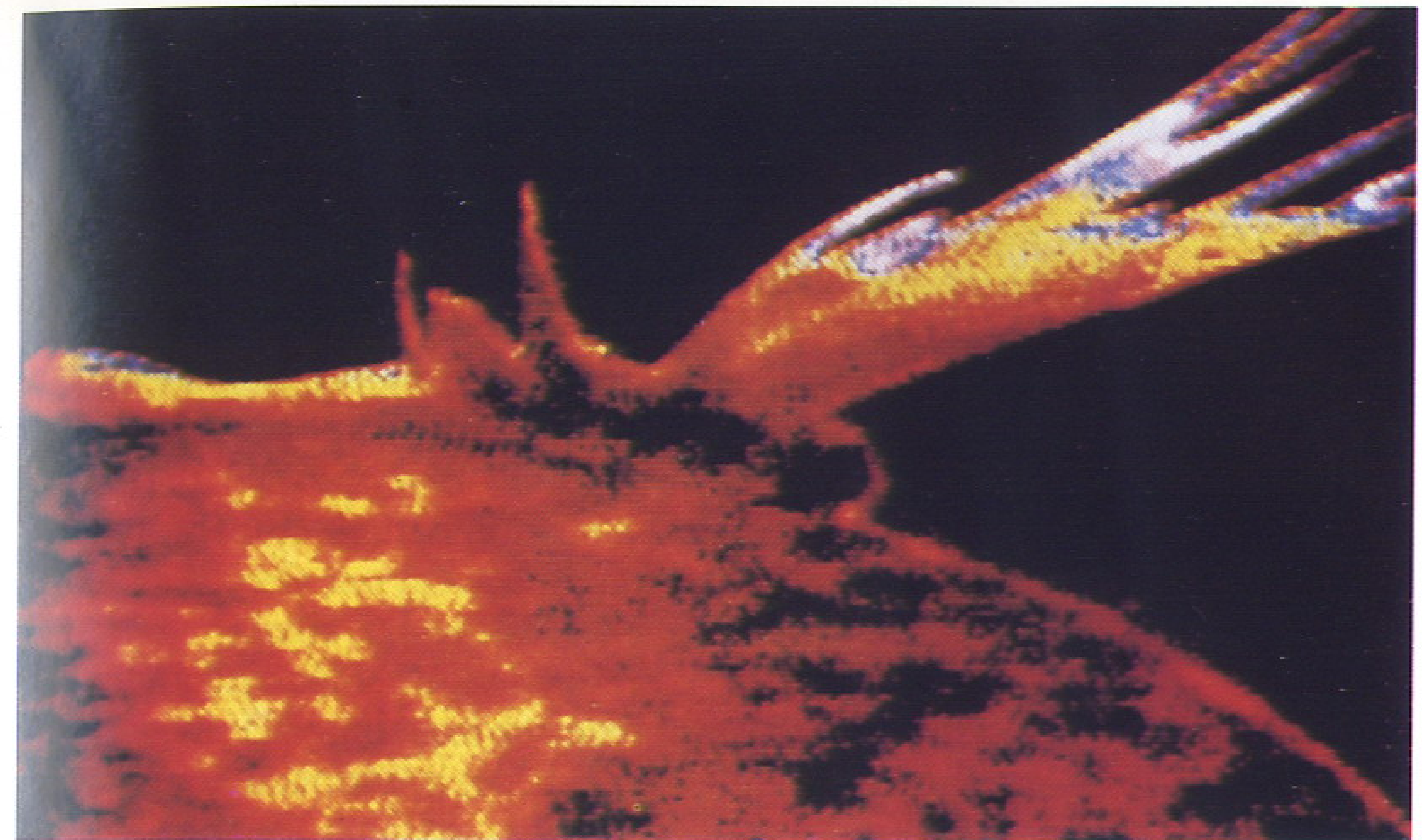


2

A Nap a hozzánk legközelebbi csillag: távolsága „mindössze" kb. 150 millió km. Szabad szemmel nézve is elég nagy kiterjedésű korongnak látszik. A Nap az egyetlen csillag, amelyet alaposan tanulmányozni lehet. Nagy fényessége lehetővé teszi, hogy színképét igen részletesen elemezzük. Ebből ismerhetjük meg anyagának kémiai összetételét, hőmérsékletét és sok más fizikai tulajdonságát. A színképnek nemcsak a látható tartományát, hanem az ultraibolya-, az infravörös- vagy akár a röntgentartományát is megvizsgálhatjuk. E sugárzásokat ugyan a Föld légköre nagyrészt elnyeli, de a légkör fölött, mesterséges holdakra, űrállomásokra telepített műszerekkel akadálytalanul tanulmányozhatjuk őket.

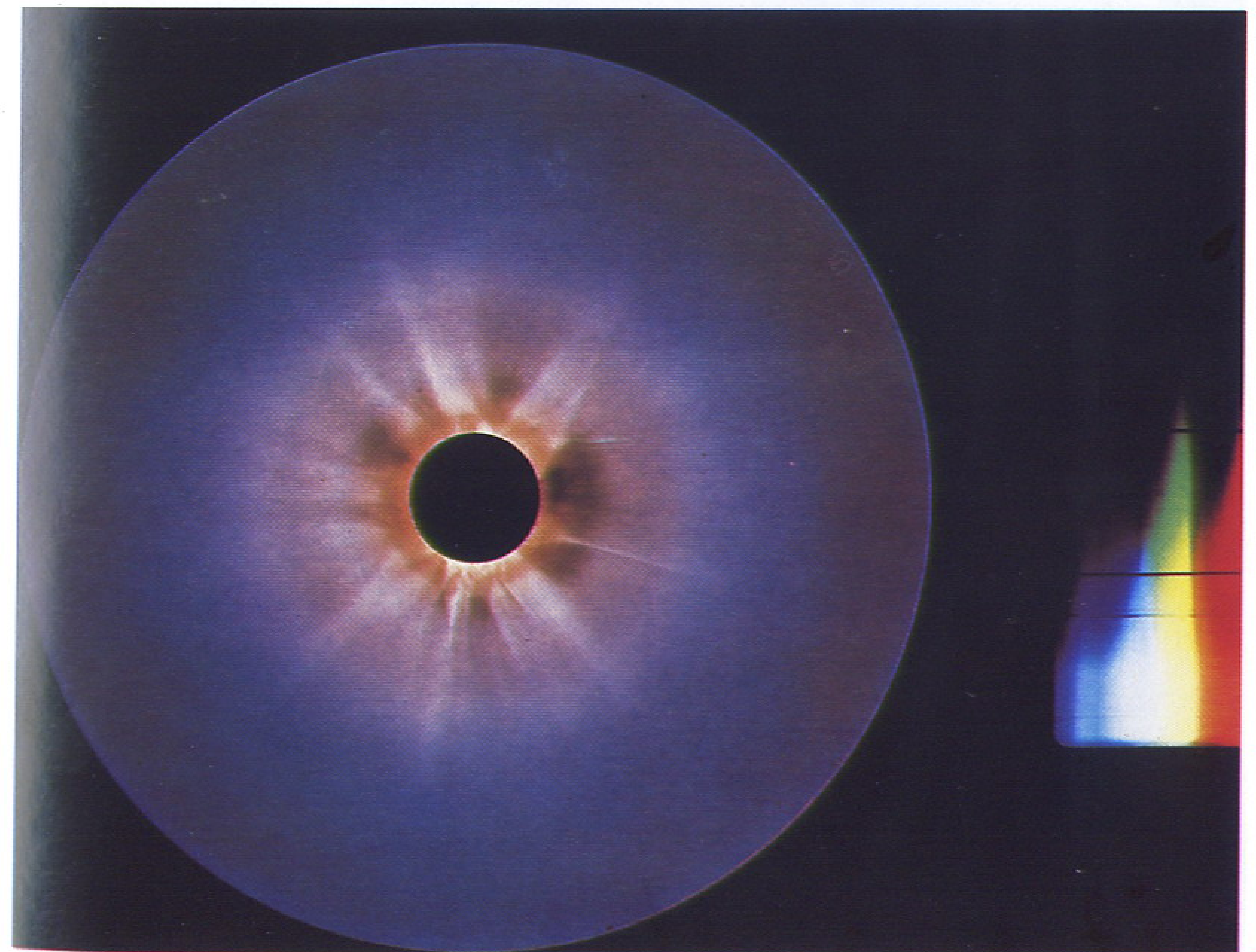
Nagyon érdekes képekhez jutunk, ha a felvétel készítésekor a Nap elektromágneses sugárzásának csak egy szűk hullámhossztartományát (pl. a hidrogén egyik színképvonalának fényét) használjuk fel. Az ilyen képek a *spektroheliogram*ok. A Nap légkörének eltérő mélységeiben más-más a hőmérséklet, ezért különböző színű fény indul ki onnan – a módszerrel tehát a naplégkör különböző rétegeiről kaphatunk fényképeket. E képek érdekes részleteket is mutatnak, pl. aktív vidékeket, ahol különféle napfelszíni jelenségeket figyelhetünk meg: napfoltokat, napfáklyákat, protuberanciákat (ezek néhány százezer km hosszú gázoszlopok a Nap világító rétegei fölött), napkitöréseket. Ilyen felvétel az **1.** kép.

Azt a gázréteget nevezzük napfelszínnek, ahonnan a legtöbb látható fény érkezik hozzánk (fotoszféra). Efölött forró, de ritka, halvány fényű gázrétegek következnek, ezek alkotják a Nap „légkör"-ét. A naplégkör külső részét *napkoronának* (**2**) nevezzük. Ez olyan nagy kiterjedésű, hogy a Földig is elérhet. Fényét régebben csak teljes napfogyatkozáskor lehetett vizsgálni; ma speciális műszerekkel bármikor lefényképezhető.



1

2



1. A Merkúr. A Naphoz legközelebb keringő nagybolygó. Közepes naptávolsága 57,9 millió km, keringési ideje 88 nap. Átmérője 4880 km. A Nap közelsége miatt a felszín napsütötte részén a kőzetek mintegy 600 K-re melegszenek, a sötét oldalon pedig 100 K-re hűlhetnek. A bolygó tengelyforgási ideje 59 nap.

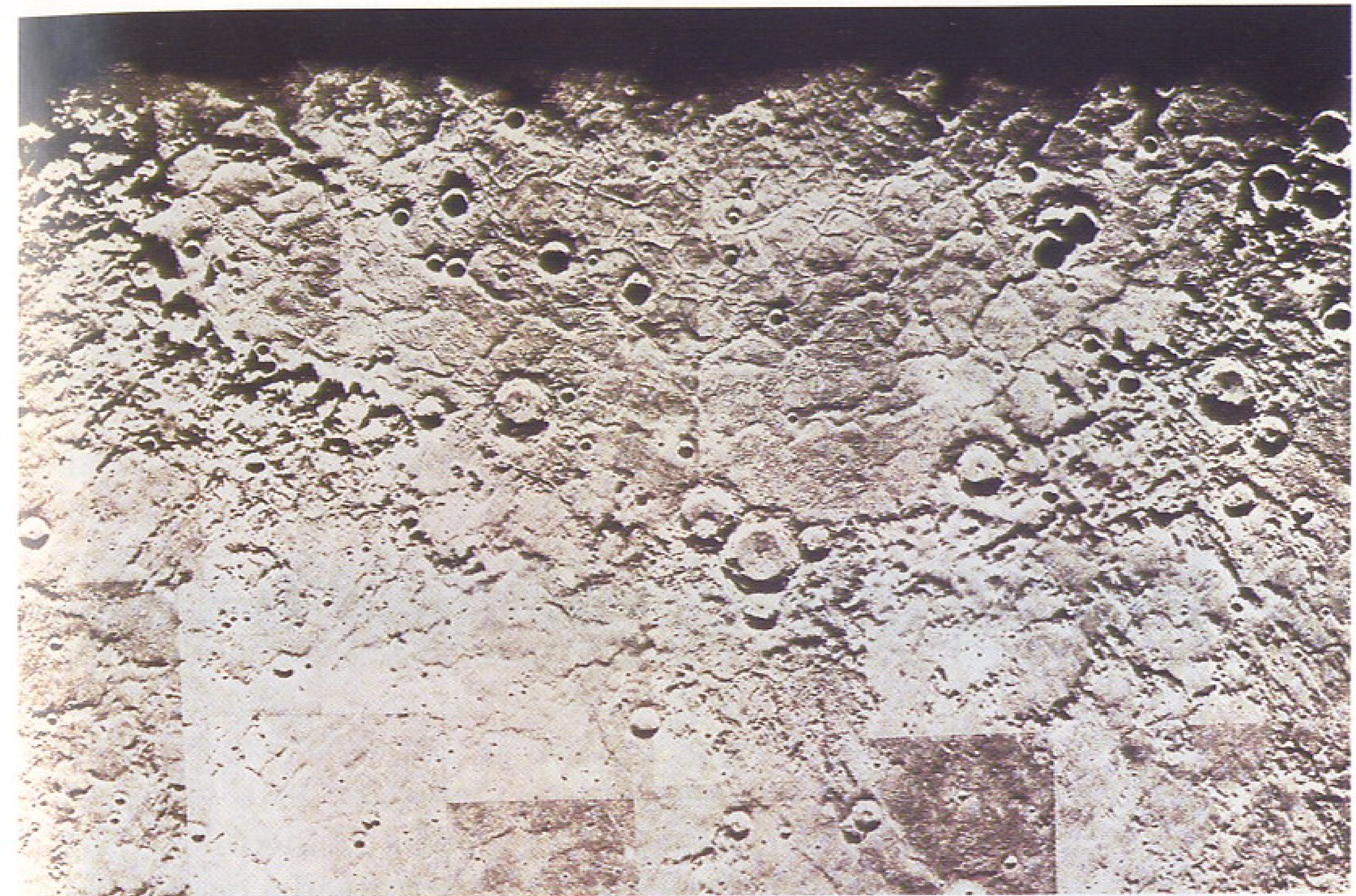
E bolygót nehéz megfigyelni, mert közel lévén a Naphoz, a Földről nézve mindig a Nap irányához közel jár, ahol az égbolt fényes. (Legfeljebb 28°-nyira távolodik el a Naptól.) Távcsővel nem tudunk rajta felszíni részleteket kimutatni. Annyit láthatunk csupán, hogy a Merkúr, akárcsak a Hold, fázisokat mutat: egyszer vékony sarlónak, majd félkörnek, azután meg teljes korongnak látszik.

Űrszondák közeli felvételei szerint a Merkúrt sötét, vulkáninak látszó kőzetek borítják, s e felszínt rengeteg kráter tagolja. Légköre nincs, hold sem kering körülötte. Az **1.** képet is űrszonda készítette a Merkúrról.

2. A Vénusz. Hogy miért a szerelem istennőjéről nevezték el, azt mindenki megérti, ha csak egyszer is megpillantja ezüstösen fénylő szépségében a hajnali vagy az alkonyi égen. E bolygó a Naptól 108 millió km-re van, keringési ideje 225 nap; átmérője 12100 km. Tengelye körül 243 nap alatt fordul meg egyszer. Holdja nincs.

Ez a bolygó is csak a Nap közelében (tőle legföljebb 47°-nyira távolodva) járhat az égen. Ezért vagy hajnalban látható – ha a Napnál nyugatabbra jár s előtte kél –; vagy keleti kitérésben alkonyatkor figyelhető meg. Ezért nevezi a magyar nép Esthajnalcsillagnak (tévesen, hiszen a Vénusz nem csillag, hanem bolygó).

A Vénusz felszíne nem látható, mert vastag légkörében összefüggő felhőtakaró lebeg, eltakarva a felszínt. Csak radarszondákkal és a felszínre leszálló szondákkal sikerült kikutatni. Ma már ismerjük a Vénusz térképét; tudjuk, hogy a felszínen mintegy 720 K a hőmérséklet, a légköri nyomás a földinek 90-szerese; a légkör főleg szén-dioxid-ból áll.



1



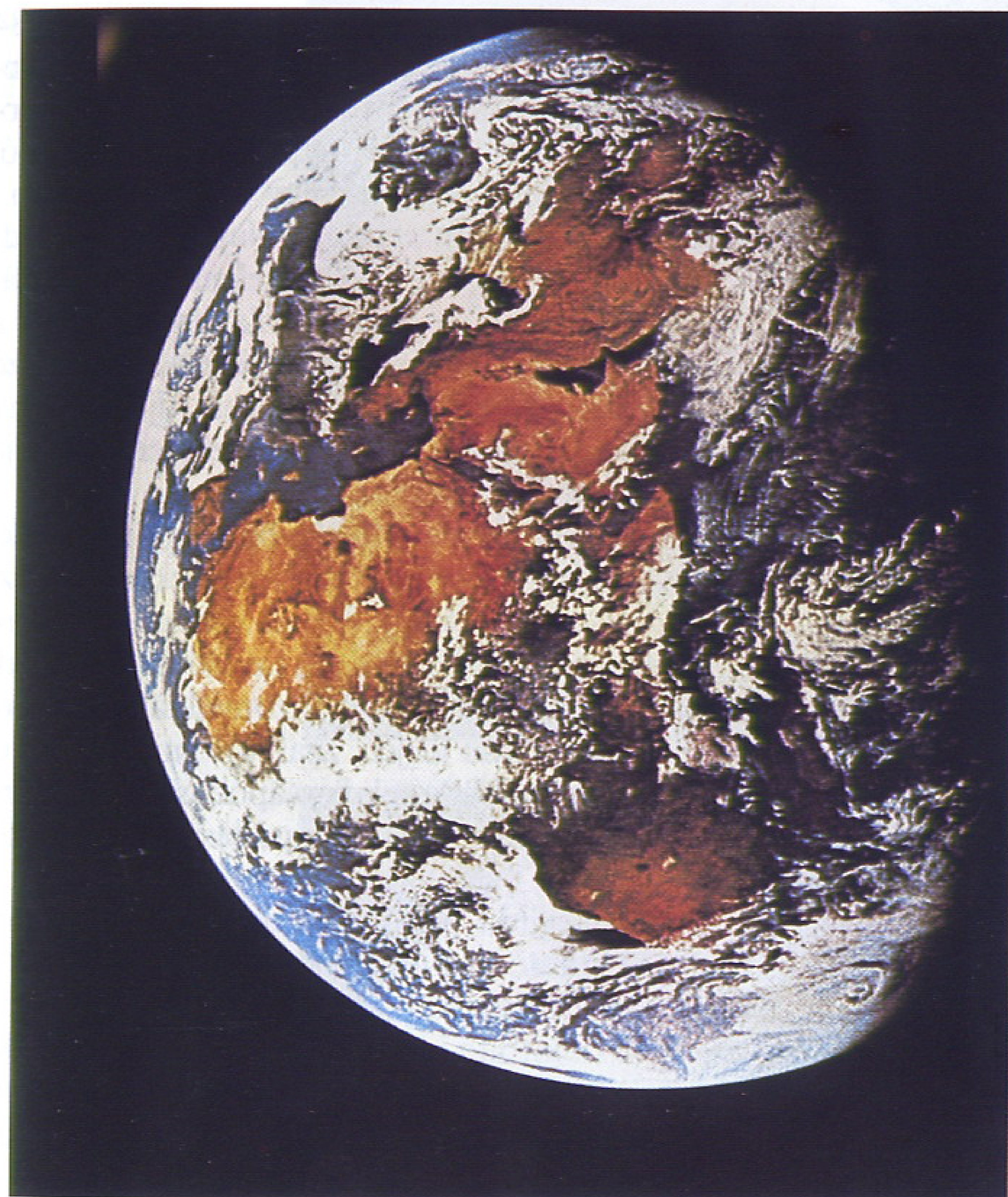
2

1. A Föld. Földünk, amit a régiek az egész Világegyetem közepének véltek, csak egy parányi porszem a hatalmas Univerzumban. Az űrhajósok elragadtatott szavakkal emlékeznek meg arról a látványról, amit a Föld a világűrből nézve nyújt, s aminek nagyszerűségét **1.** képünk csak részben képes visszaadni. (A szárazföldek a képen barnásnak tűnnek, a tengerek kéknek, feketének; a felhőalakzatok fehérek.)

A Föld a Naptól mintegy 149,6 millió km-re kering; keringési ideje 1 év, azaz kb. 365,24 nap. Tömege $6 \cdot 10^{24}$ kg. Egy holdja van. A Föld alakja nem egészen szabályos; átmérője az Egyenlítőnél 12 757 km, a sarkok közt mérve csak 12 714 km. Szilárd kérge átlagosan néhányszor tíz km vastag, a kérgen belül forró, képlékeny kőzetanyag van. Felszíne fölött vastag légkör található, ennek 78%-a nitrogén, de van benne 21% oxigén is; a maradék 1% különböző gázok (argon, szén-dioxid stb.) keveréke. A légkört a Föld nehézségi erőtere tartja a Föld körül, ezért sűrűsége fölfelé egyre csökken, míg végül beleolvad a bolygóközi ritka közegbe.

A légkör nemcsak azért fontos a földi élet szempontjából, mert oxigén nélkül nem lehetséges állati és emberi élet (legföljebb baktériumok tudják nélkülözni az oxigént), hanem mert a légkör sok káros kozmikus hatástól megvéd bennünket. Így a világűrből érkező sugárzások egy részét elnyeli (más részét a Föld mágneses tere teszi ártalmatlanná, eltérítve eredeti irányától); a bolygóközi térből a légkörbe jutó meteorkövek is nagyrészt megsemmisülnek, mielőtt elérhetnék a felszínt.

A Föld egy nap alatt fordul meg a tengelye körül, ez okozza a nappalok és éjszakák váltakozását. A forgástengely a keringési síkkal kb. 66,5°-os szöget zár be, s keringés közben önmagával párhuzamos marad. Ezért az év egyik felében a Föld északi, a másik felében pedig a déli féltekéjére érkeznek kedvezőbb szögben a Nap sugarai. Ez az oka az évszakok váltakozásának.



1. A Hold. A hozzánk legközelebbi égitest, tőlünk mindössze 384 ezer km-re van. A Föld körüli keringési ideje 27,32 nap, és ugyanannyi idő alatt fordul meg egyszer a tengelye körül is. Ezért a Földről mindig ugyanazt az oldalát láthatjuk. (**1.** képünket űrszondáról készítették, ezen a Hold „túlsó" oldalának egy része is látható.) A Hold átmérője 3476 km. Miközben kering, a Naphoz és a Földhöz képest folyton változtatja a helyzetét, ezért a felénk néző oldalából a Nap hol többet, hol kevesebbet tud megvilágítani. Ha pl. a Hold éppen a Föld és a Nap közé kerül, akkor a Nap a felénk néző oldalából semmit sem világít meg, tehát nem látjuk (újhold van). Ilyenkor néha előfordul, hogy a Hold részben vagy teljesen eltakarja a Napot, ez a napfogyatkozás.

A Hold felszínén szabad szemmel is láthatók bizonyos részletek: sötétebb és világosabb foltok. A sötéteket holdtengereknek nevezzük, bár nincs bennük víz: ezek viszonylag sima síkságok, talajuk sötét vulkáni kőzet. A Hold világosabb tájai, ha távcsővel vizsgáljuk őket, kráterekkel sűrűn borított területeknek bizonyulnak. E kráterek még a Naprendszer kialakulása idején, azaz 4–5 milliárd évvel ezelőtt keletkeztek: kisebb-nagyobb testek becsapódása hozta létre őket. A legnagyobb testek – kisbolygók – becsapódásakor keletkeztek a holdtengerek.

A Hold az egyetlen olyan égitest, amelyet embert szállító űrhajóval már elértek. Eddig 12 kutató hagyta lába nyomát a Holdon!

Képzeljük el, hogy a Hold és a Nap közrefogja a Földet! Ilyenkor van holdtölte. Némelyik holdtölte idején azonban megtörténik, hogy a Hold éppen a Föld árnyékán halad át. (Azért nem minden hónapban, mert a Hold és a Föld keringési síkja nem esik pontosan egybe, ezért a földárnyék a legtöbbször nem „találja el" a Holdat.) Ekkor a Hold egy része, esetleg az egész, elsötétedik. Ez a *holdfogyatkozás* (**2**). A holdfogyatkozás feltűnő, érdekes és szép jelenség, évente két-három alkalommal fordul elő, de nem tudjuk mindegyiket megfigyelni, mert hiszen a fogyatkozás néhány órányi ideje alatt a Hold nem mindig tartózkodik látóhatárunk felett.


1

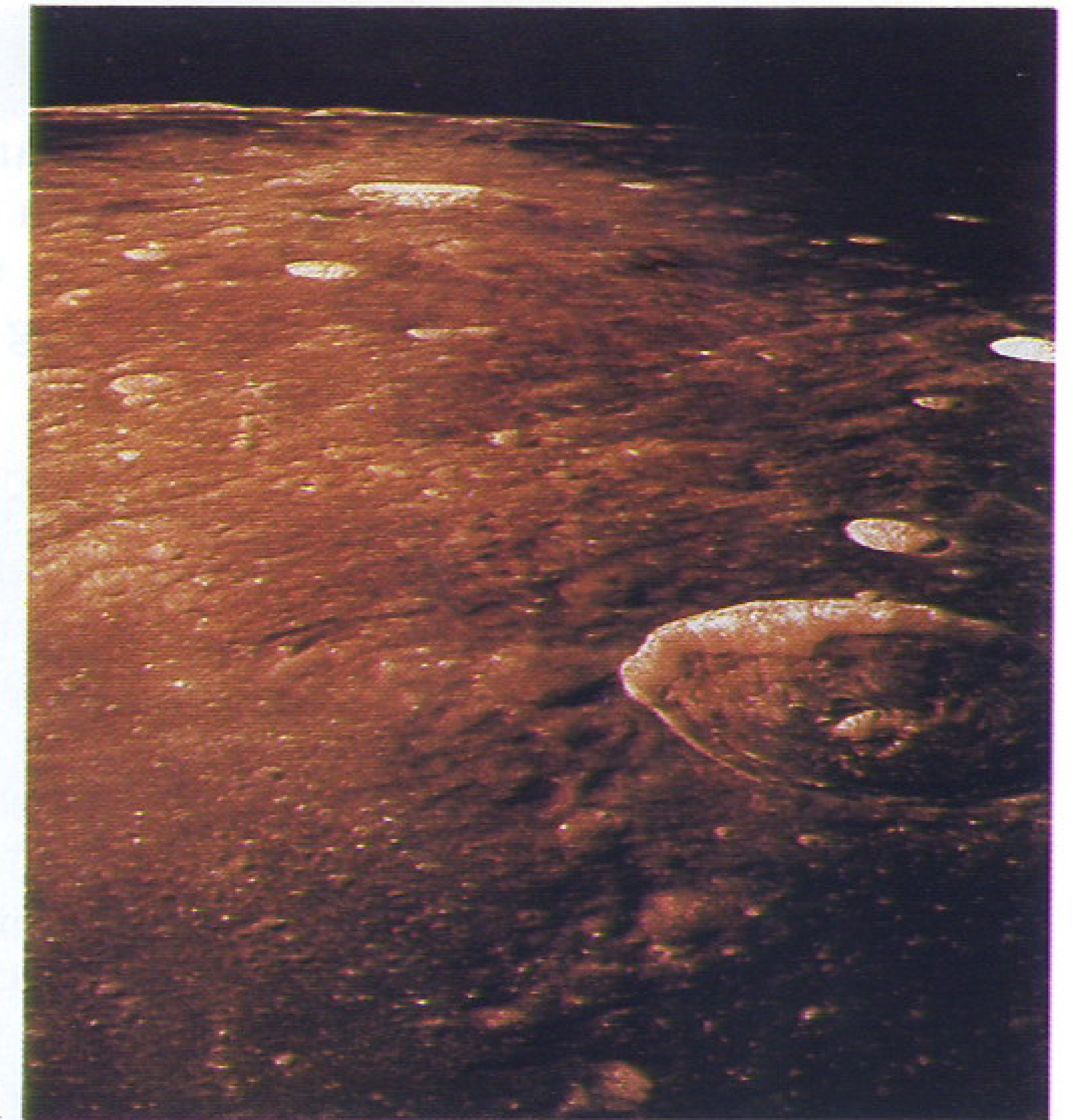

2

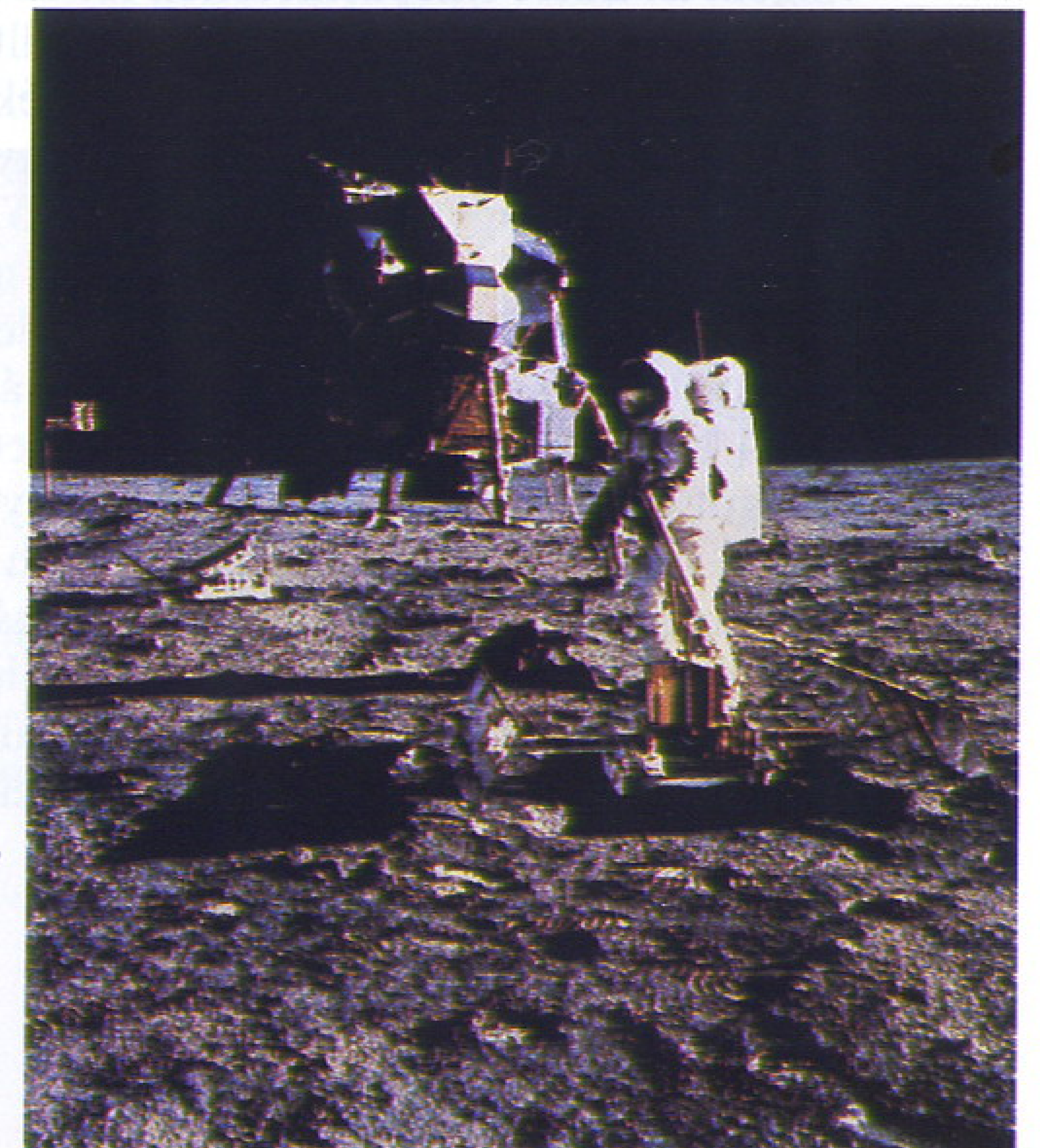
1. Hold-részlet. A csillagászat történetében az itáliai Galileo Galilei (1564–1642) használt elsőként távcsövet. Műszere kis teljesítményű volt, de azért a Hold felszínének sok alakzatát meg lehetett vele látni. Akkoriban – az ógörög Arisztotelész nyomán – az volt az elfogadott nézet, hogy az égitestek gömb alakúak, felszínük sima. Galilei a Hold megfigyelésével megcáfolta ezt. Fölfedezte a holdkrátereket; árnyékuk hosszából becsülte meg a holdbeli hegyek magasságát. A sötét holdi síkságokat „holdtengereknek" nevezte el, bár tudta, hogy nem tartalmazhatnak vizet. Azt írta: „Nyilvánvaló, hogy a Hold sötét részei síkságok... felszínén nincs szárazföld és tenger."

A modernebb műszerekkel a Hold felszínét egyre pontosabban sikerült megismernünk és föltérképeznünk. Legújabban az űrkutatás segít ebben: a Holdra leszállt űreszközök az égitest egyes körzeteiben szinte centiméterről centiméterre fölkutatták a felszínt, lefényképezték számunkra nem látható túlsó oldalát is. (**1.** képünket is űrhajósok készítették.)

A Holdon nemcsak tengerek és kráterek észlelhetők, hanem hegyláncok, szakadékok, sugaras szerkezetű fénylő vonalak stb. is. Sok kráter közepén központi csúcs látható, néhol lávafolyásra emlékeztető alakzatok fedezhetők fel; mindez arra utal, hogy a Holdon is volt vulkáni aktivitás.

Amikor 1957-ben felbocsátották az első mesterséges holdat, nyilvánvalóvá lett: idegen égitestek, köztük a Hold meglátogatása már csak rövid idő kérdése. 1969. július 21-én lépett először ember a Holdra, Neil Armstrong amerikai űrhajós. Az űrhajósok és az automata holdszondák munkájuk során műszereket telepítettek a Hold felszínére (**2**), holdkőzeteket gyűjtöttek és hoztak magukkal a Földre. E minták elemzése többek között lehetővé tette, hogy a Naprendszer koráról és keletkezésének módjáról többet megtudjunk.


1


2

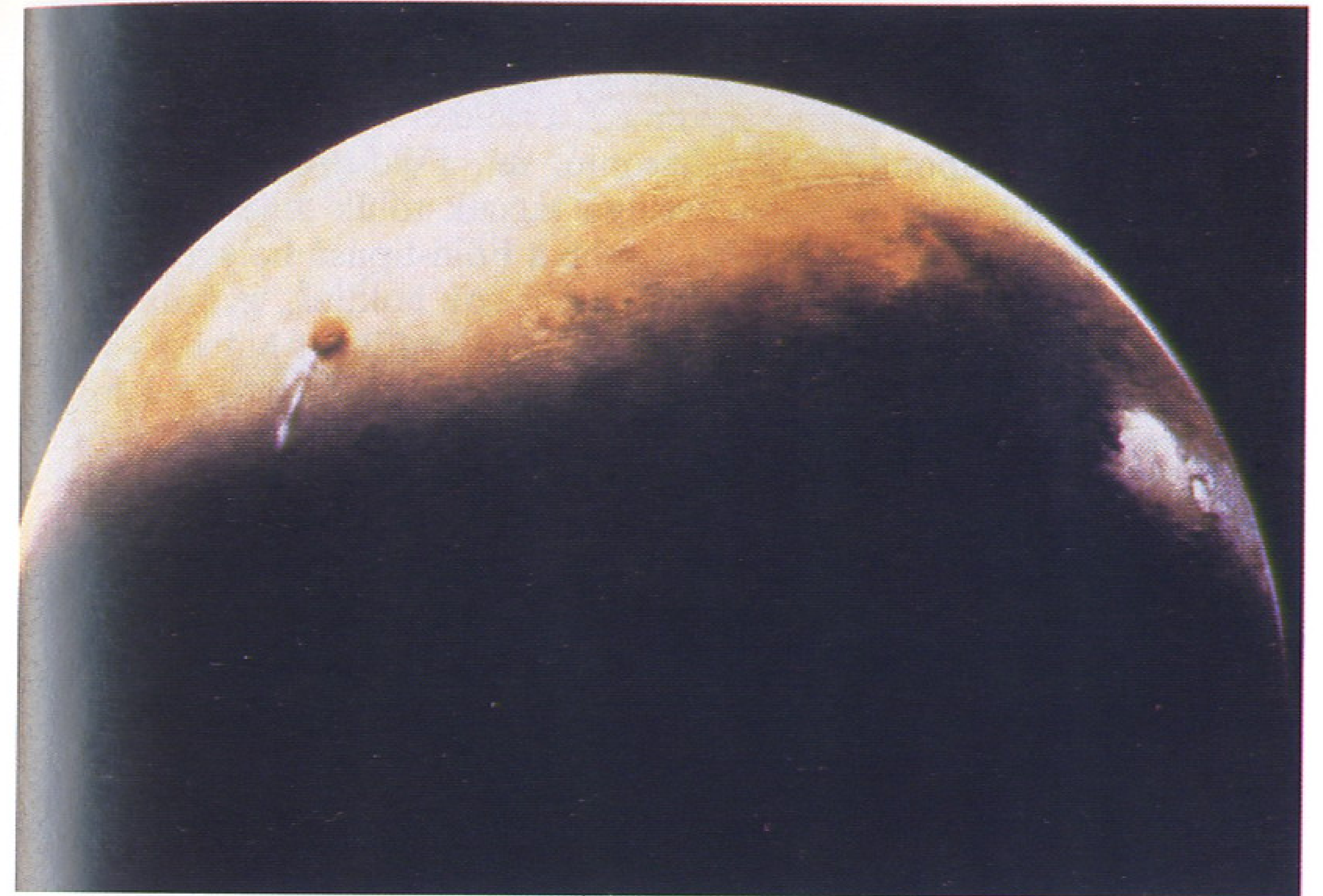
VIII. tábla

1. A Mars. 227,8 millió km távolságban kering a Nap körül, és egy teljes keringéséhez 1 év 322 napra van szüksége. A bolygó egyenlítői átmérője 6787 km, tömege $6{,}44 \cdot 10^{23}$ kg, tehát Földünknél jóval kisebb. Két hold kering körülötte, ezek egészen kicsiny, szabálytalan alakú testek, a Földről alig lehet őket észrevenni.

Szabad szemmel a Mars feltűnően vöröses fényű csillagnak látszik. Távcsővel vizsgálva kiderül, hogy nem csillag, mert nem pontszerű a képe. Felülete így is vöröses, rajta halvány részleteket lehet kivenni. Azon a pólusán pl. ahol éppen tél van, fehér „hósapka" látható. A vörös színt a talaj vas-oxid-tartalma okozza, a hósapka pedig vastag dérszerű lerakódásból áll.

A Mars éghajlata meglehetősen zord. Nyáron az egyenlítőjén délben +10°C-ig is emelkedhet a hőmérséklet, ugyanott éjjel −70°C-ig süllyedhet. A Marsnak van légköre, de ritka, a felszínen a nyomás talán századrésze a földi légnyomásnak. A légkör főként szén-dioxidból áll, de tartalmaz nagyon kevés oxigént és vízgőzt is. Ezért elképzelhetőnek látszott, hogy e bolygón talán van valamilyen élet. A Marsra leszállt űrszondák vizsgálatai azonban ezt a föltevést nem erősítették meg.

A Mars föltérképezése földi megfigyelésekkel nem sikerült. Megpróbálták ugyan a rajta fellelhető bizonytalan részleteket térképre rajzolni, és megfigyelésükből meghatározták a bolygó tengelyforgási idejét (24 óra 37 perc); de a Mars térképe nagyon hozzávetőleges volt. Amikor űrszondáink – elsőként a Mariner–4 1965-ben – közeli képeket közvetítettek róla, kiderült: a bolygót kráterek borítják, bár nem oly sűrűn, mint a Merkúrt vagy a Holdat (**2**). Akadnak a Marson kanyargós, folyóvölgyhöz hasonló alakzatok, síkságok, vulkáni kúpok stb. Gyakran megfigyeltek a Marson porviharokat is. Mindezek alapján elképzelhető, hogy valaha e bolygón sűrűbb volt a légkör, s a felszínen szabad, folyékony víz is lehetett.



1

2



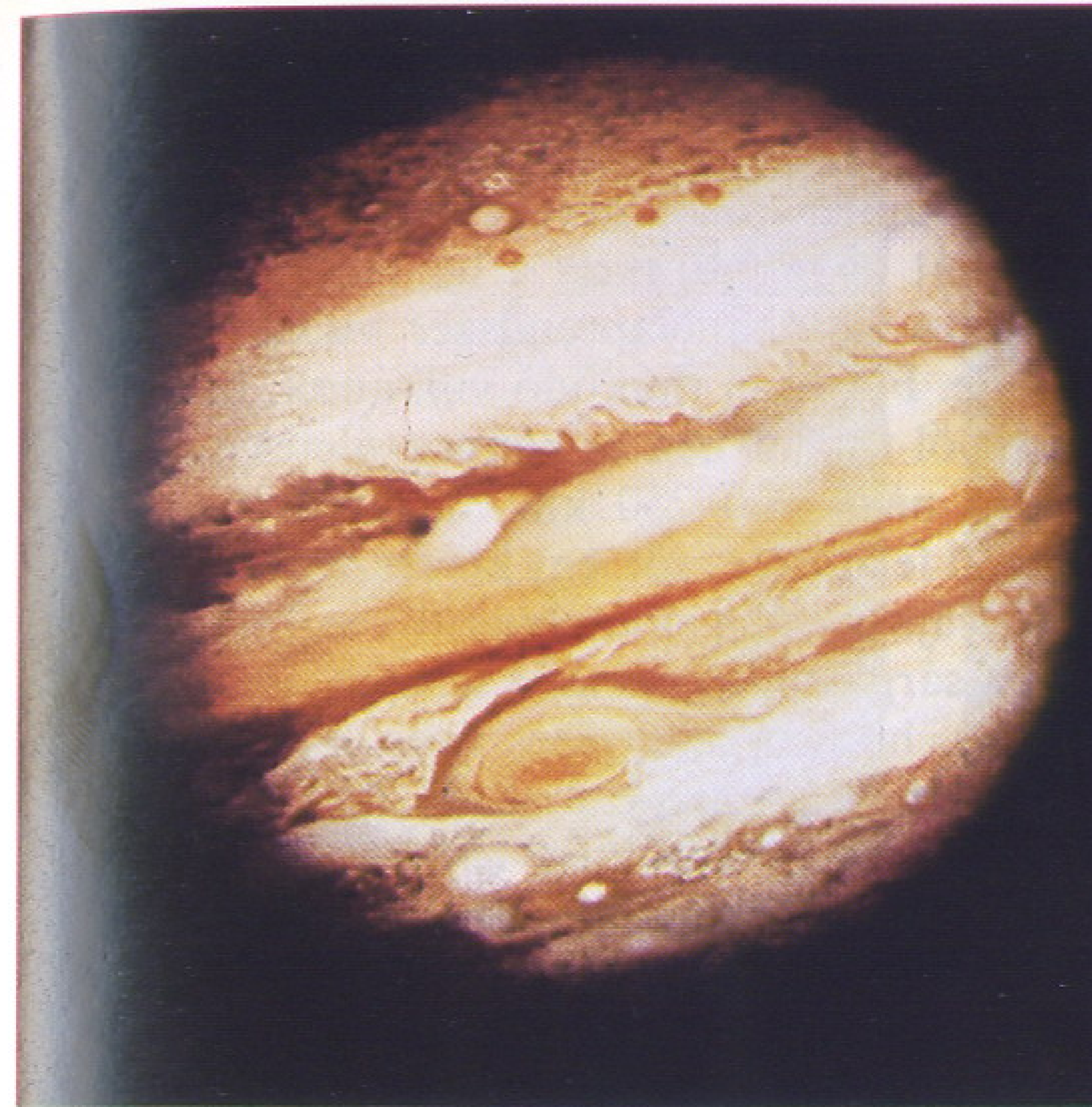
1. A Jupiter. A Merkúr, a Vénusz, a Föld és a Mars egymáshoz fizikai szempontból igen hasonló, ún. Föld-típusú bolygók. A Naptól még távolabb keringő társaik tőlük teljesen eltérő jellegűek: sűrűségük sokkal kisebb a Föld-tipusú bolygókénál, méretük viszont sokszorta nagyobb; sok holdjuk, gyűrűrendszerük van; légkörük igen vastag, sűrű és főként hidrogénből áll. Ezek az *óriásbolygók*, legjellegzetesebb példányuk a Naprendszer óriása, a Jupiter.

Már Galilei észlelte, hogy a Jupiter átmérője elég nagy, s legalább négy holdja van. E négy legfényesebb holdat ma Galilei-féle holdaknak nevezzük. 1982-ig azonban már 16 Jupiterholdat ismertünk meg, közülük 12-t még az űrszondák ottjárta előtt, földi észlelésekkel találtak. Az űrszondák nemcsak 4 új holdat fedeztek föl, hanem a Jupiter halvány gyűrűrendszerét is. Ezt azóta földi műszerek is lefényképezték.

A Jupiter átlagosan 777,8 millió km-re kering a Nap körül, keringési ideje 11 év 315 nap. Tömege $2 \cdot 10^{27}$ kg; alakja a gömbtől erősen eltér, a gyors tengelyforgás miatt deformálódik. Sarki átmérője 134 000 km, egyenlítői átmérője 143 000 km. Tengelyforgási ideje az egyenlítőn 9 óra 50 perc, a sarkok felé közeledve egyre hosszabb.

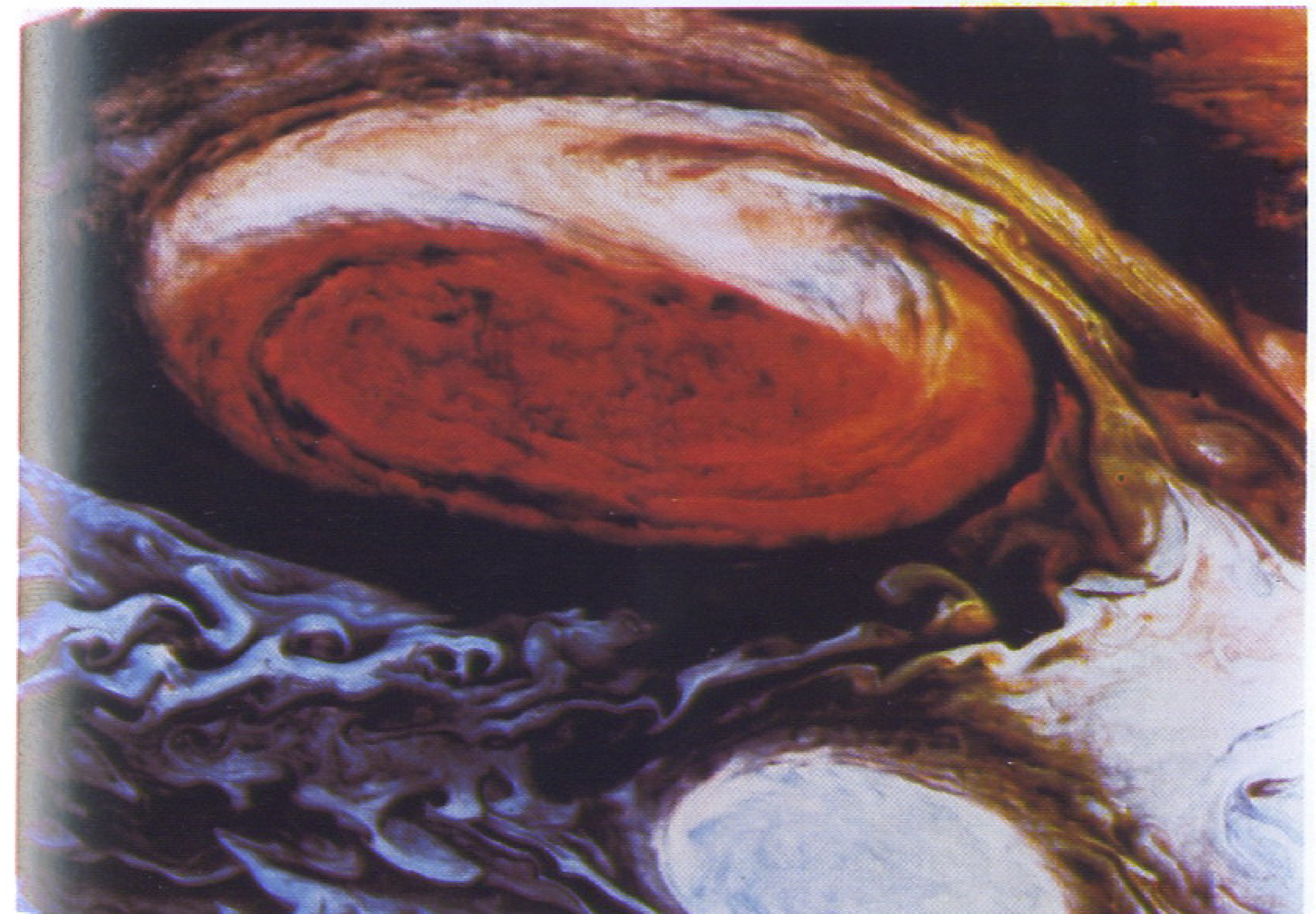
A Jupiter vastag, sűrű légkörében – amely főként hidrogénből áll, némi héliummal, ammóniával, metánnal – az egyenlítővel párhuzamos felhősávok találhatók. Ezeket viszonylag kis távcsővel bárki megláthatja. A sávok világos és sötét tartományai közt örvények keletkeznek, s maguk a sávok is gyorsan változtatják alakjukat. A légkörben 580 km/óra sebességű áramlások is előfordulnak!

A Jupiter légkörének talán legérdekesebb alakzatát, a *Vörös Foltot* (**2**) 1878-ban fedezték föl. Sokáig nem sejtették, valójában mi lehet e képződmény. A Voyager-szondák felvételein jól látható, hogy nagy kiterjedésű (40 ezer km hosszú, 10 ezer km széles) gázörvényről van szó.



1

2

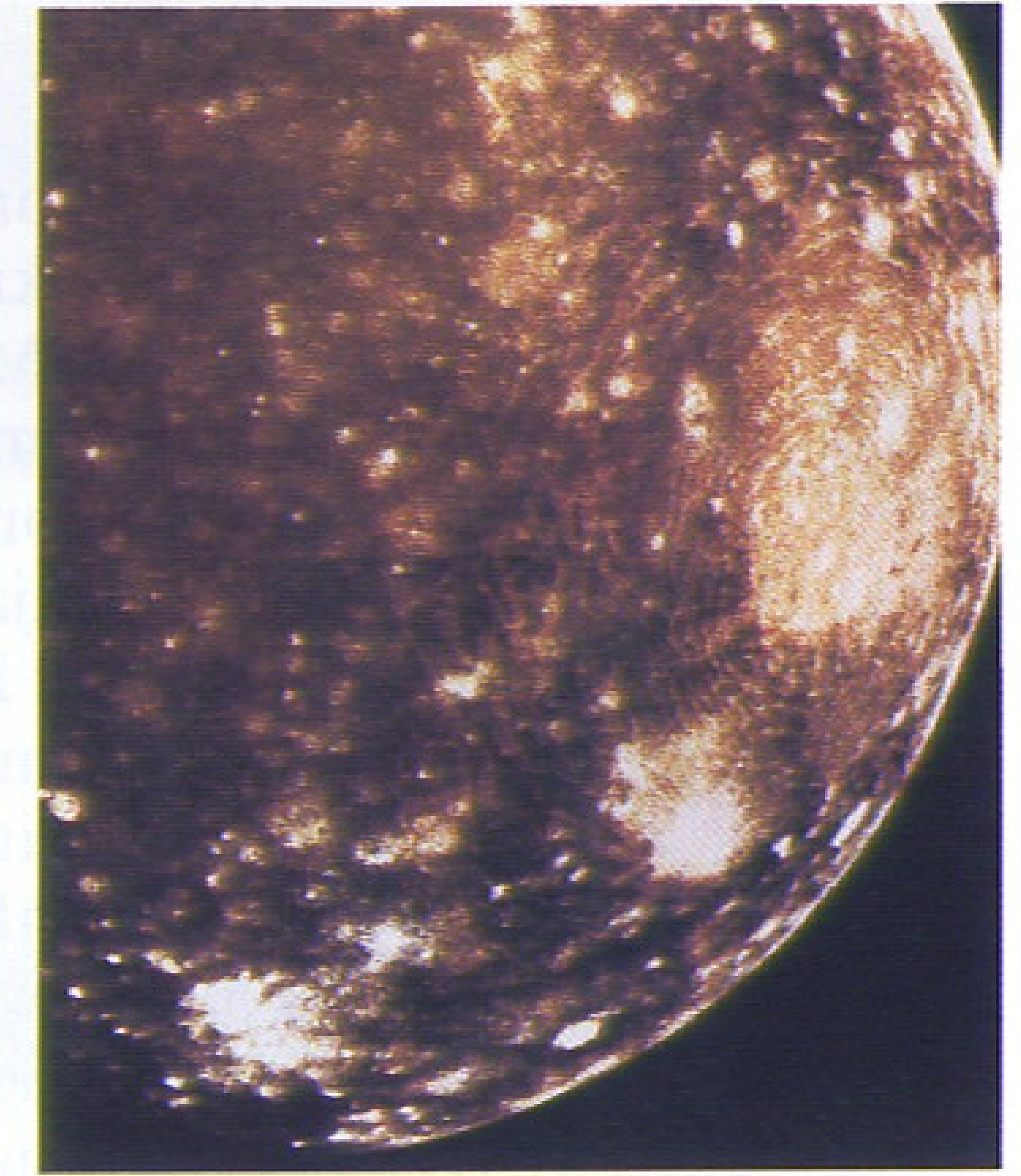


1. Az Io. A Jupiter Galilei-féle holdjainak egyike. Kb. 424 ezer km sugarú pályán kering a Jupiter körül, keringési ideje 1,77 nap. Átmérője 3640 km, tehát nagyobb, mint a mi Holdunk. Nagyon érdekes, hogy ez a hold a Naprendszer vulkanikusan legtevékenyebb égitestje. Felszínét működő vulkánok, hasadékok borítják, amelyekből főként kén és kénvegyületek törnek elő. A kirepülő anyag néha 200–250 km magasra is feljut, mielőtt visszaesne a hold felszínére; sőt, egy kis része nem is esik vissza, hanem az Io pályája mentén eloszolva ritka anyaggyűrűt alkot. Az Io jellegzetes sárgásbarna színét a felszínt borító kén okozza. Érdekes kérdés, hogyan lehetséges ilyen kis égitesten ekkora vulkáni tevékenység. Honnan származik az ehhez szükséges energia? Valószínű, hogy a Jupiter és a nagy Jupiter-holdak tömegvonzása által keltett ún. árapály-erők szolgáltatják a vulkánossághoz az energiát, nem engedve az Io belsejében forrongó anyagot kihűlni.

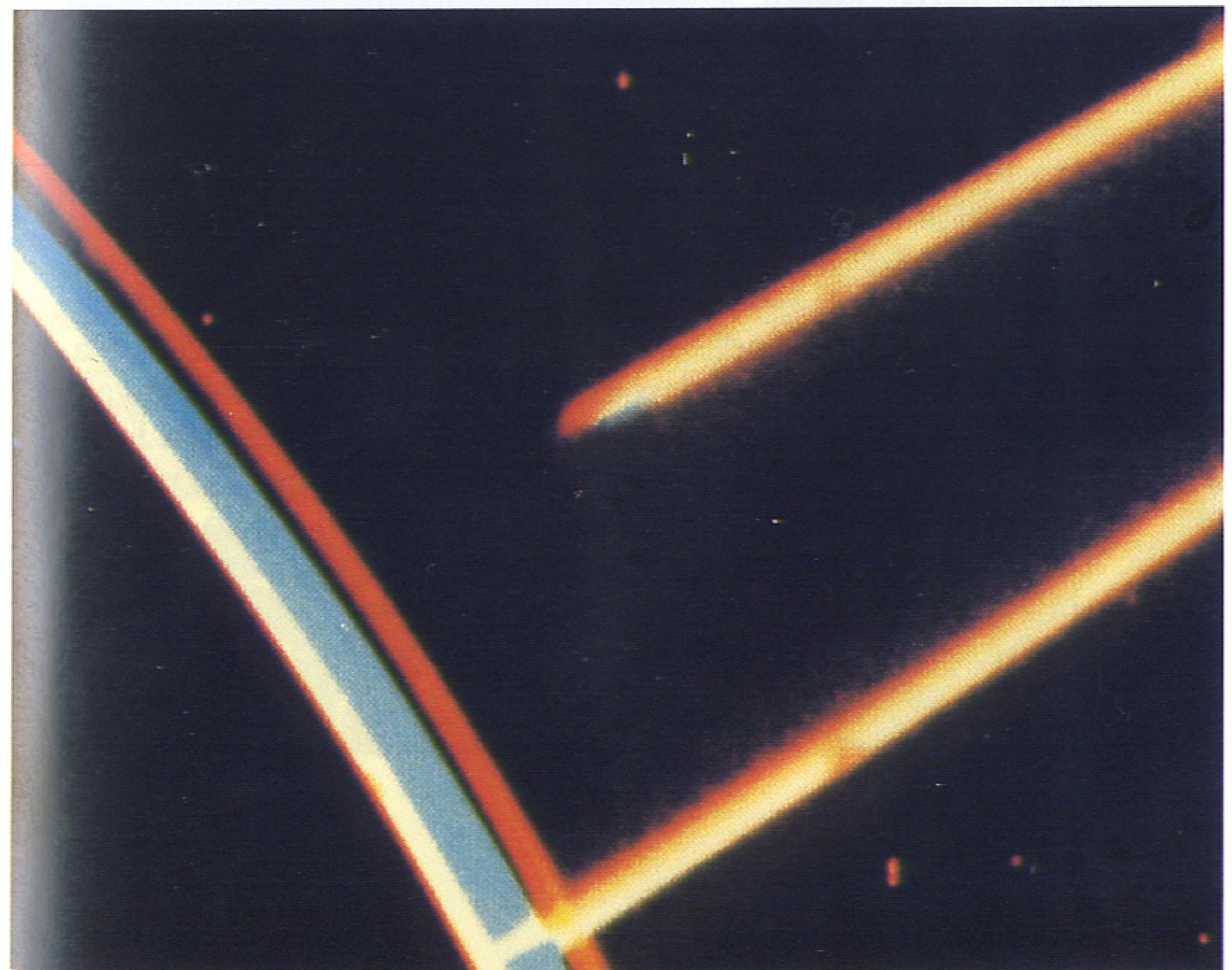
2. A Callisto egy másik Galilei-hold. Sokkal jobban hasonlít a mi Holdunkra, mint társa. Felszínét kráterek szabdalják, amelyek éppúgy, mint a Holdon, becsapódásos eredetűek. A felszínt valószínűleg vastag jég borítja. A Callisto átmérője kb. 4840 km, pályasugara mintegy 1884 ezer km, keringési ideje 16,7 nap.

Több észlelő már régen fölvetette, hogy a Jupiternek halvány *gyűrűje* van. 1979-ben a Voyager–1 űrszonda végre lefényképezte e gyűrű egy részletét. (**3.**) A Voyager–2 még részletesebben vizsgálta a gyűrűt, s megállapította, hogy az négy részből áll. A legbelső a bolygó felszínétől (71 400 km pályasugártól) 120 000 km-ig tart, a legkülső 126 800-tól 128 500 km-ig. Földi észlelésekkel később ötödik, kb. 400 000 km sugarú gyűrűt is fölfedeztek. A gyűrűk fényessége, alakja, sűrűsége gyorsan változik, föltehetőleg a bolygó mágneses terével való kölcsönhatás következtében. A legtöbb Jupiter-hold a gyűrűk övezetein kívül kering.


1

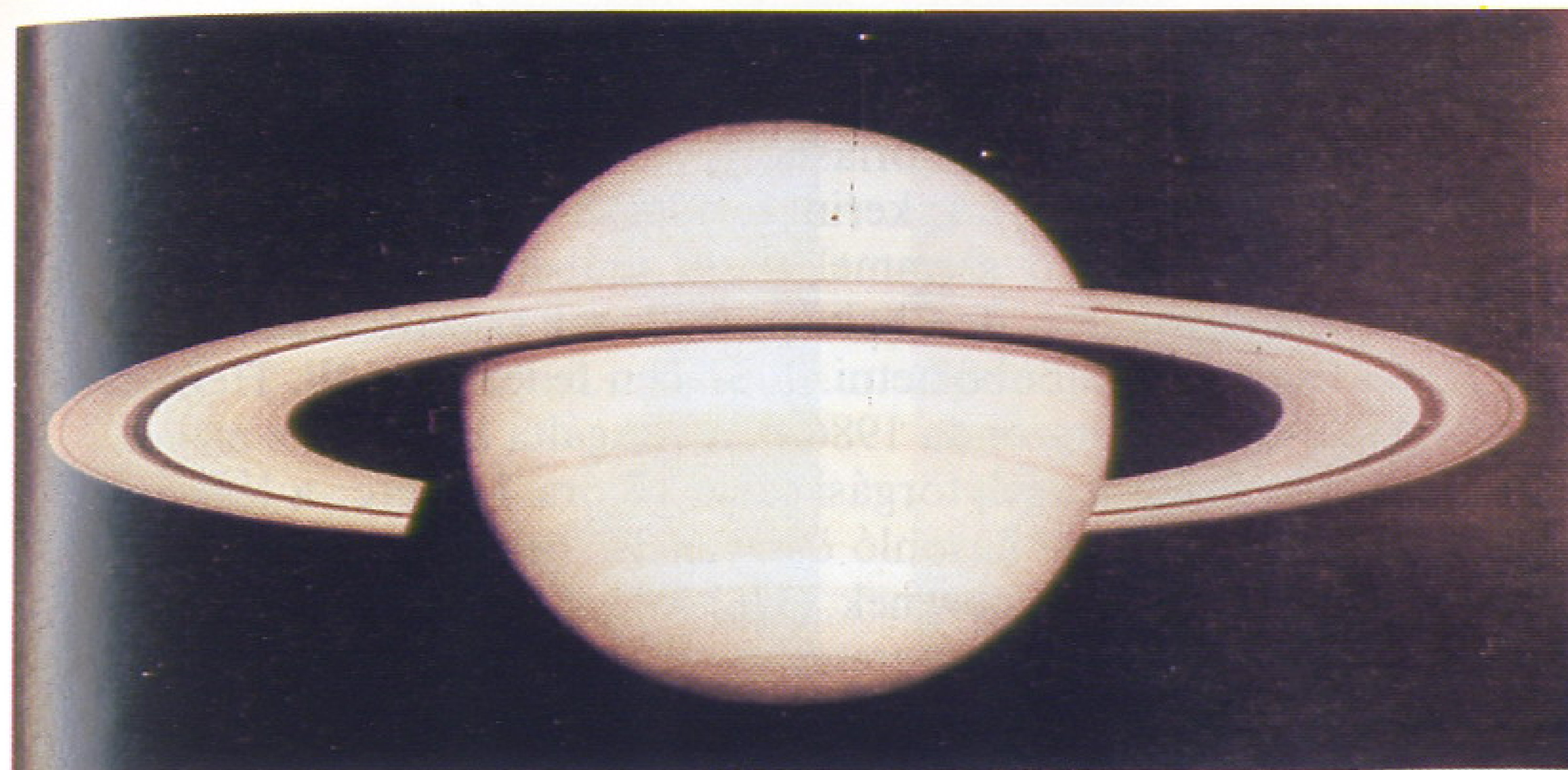

2

3



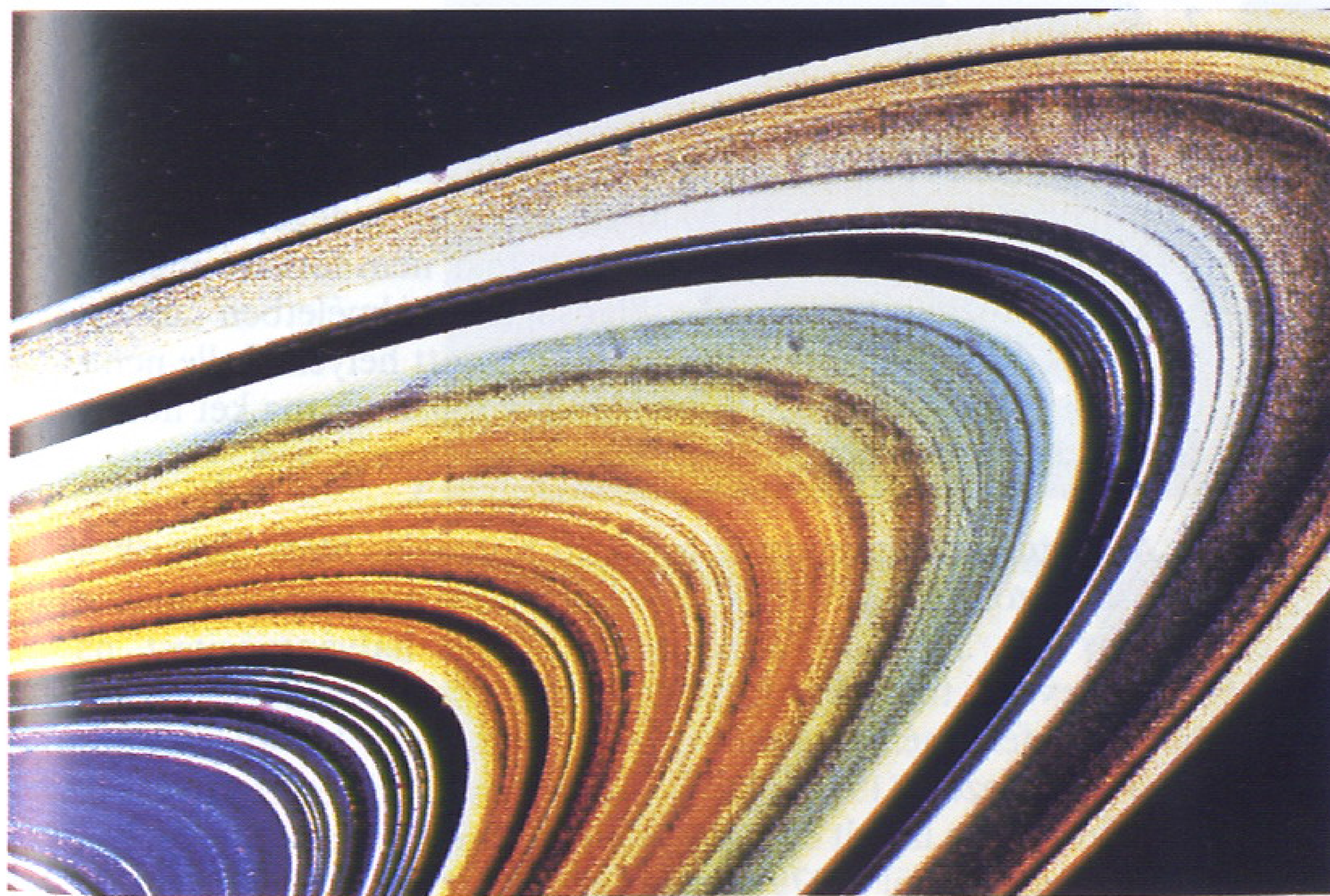
1. A Szaturnusz. A Naprendszer hatodik bolygója. A Naptól átlagosan 1428,5 millió km távolságban kering, s egy keringése 29 év 167 napig tart. Mérete kisebb, mint a Jupiteré, de a Földnél majdnem tízszer nagyobb: átmérője kb. 120 000 km. Tengelyforgása gyors, forgási periódusa 10 óra 39 perc. A gyors forgás miatt a bolygó alakja lapult, sarki átmérője csak 109 ezer km. A Naprendszer második legnagyobb bolygójának átlagos sűrűsége mindössze 0,7 g/cm³! Nem tudjuk, van-e szilárd magja. A légkör anyaga a Jupiteréhez hasonló: hidrogén és hélium, ammóniával és metánnal; befelé haladva egyre nő a sűrűsége és nyomása, míg talán cseppfolyós halmazállapotba kerül. Ha van szilárd magja, ez legbelül foglal helyet, s csak kisméretű lehet. Mivel a bolygó igen messze van a Naptól, felszíne (pontosabban a felhőzet teteje, amit mérni lehet) kb. 120 K hőmérsékletű. A légkör tetején fagyott ammónia- és metánkristályok rétege úszik, emiatt a Jupiteréhez hasonló felhősávok csak homályosabban vehetők ki.

Már Galileinek feltűnt, hogy a Szaturnusz körül valami „nincs rendben". De hogy mi, azt műszere tökéletlensége miatt nem tudta megállapítani. 1659-ben egy jobb távcsövekkel dolgozó holland csillagász, Chr. Huygens fedezte föl valójában a *Szaturnusz gyűrűrendszer*ét. A későbbi megfigyelők észrevették, hogy a gyűrű nem egybefüggő, hanem koncentrikus algyűrűkre tagolódik. Az űrszondás észlelésekig 3 algyűrűt tartottak számon. Ezek között a Szaturnusz holdjainak gravitációs zavaró hatása következtében rések vannak. A Voyager-szondák felvételein a gyűrű több ezer gyűrűcskére bomlik. (**2.**) Ezeket nagyon sok kicsiny, talán cm nagyságrendű jégdarab és kő alkotja, amelyek legföljebb néhány km vastag rétegben, nagyjából a bolygó egyenlítősíkjában keringenek a Szaturnusz körül, és távolról nézve gyűrűnek látszanak.



1

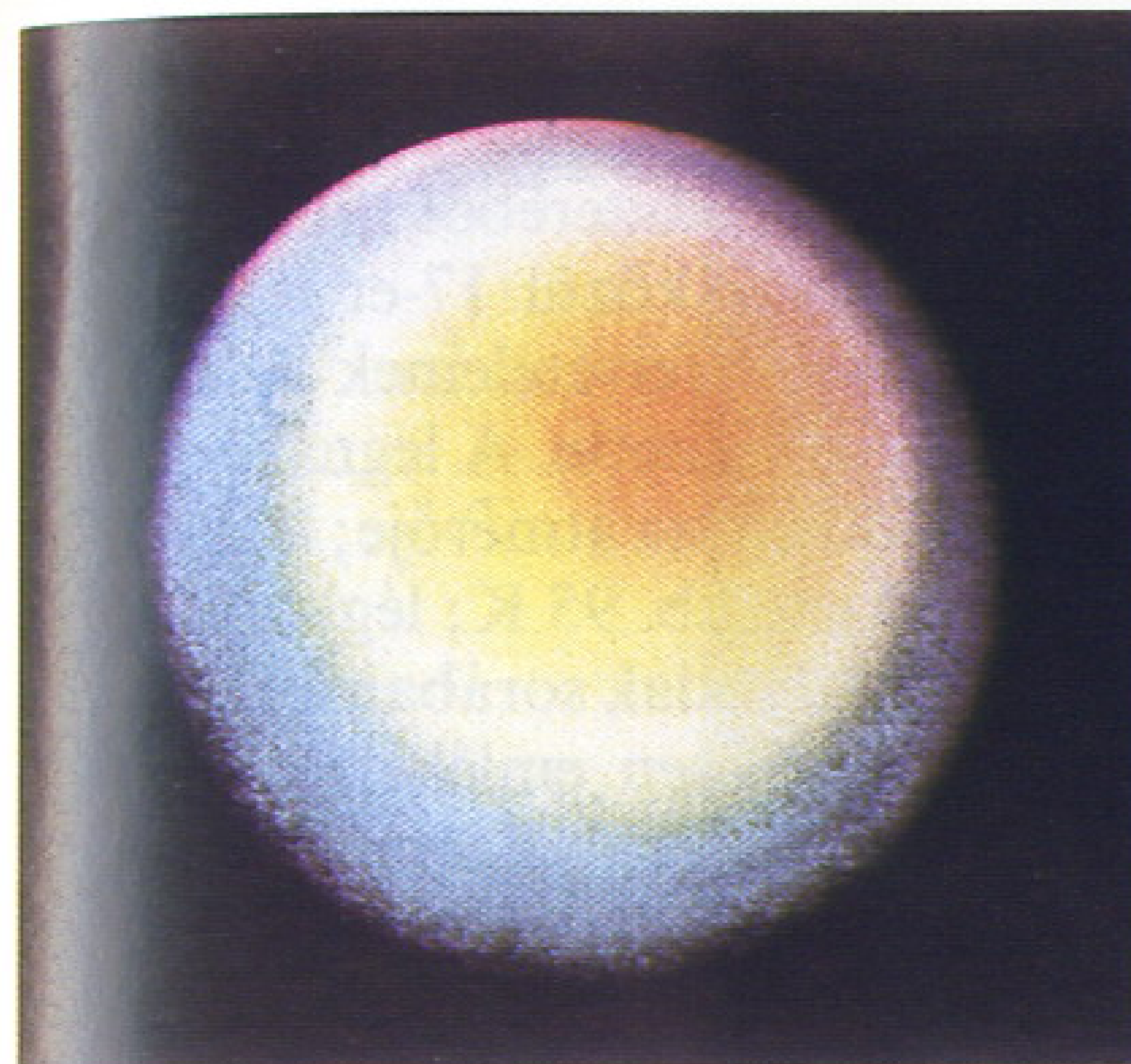
2

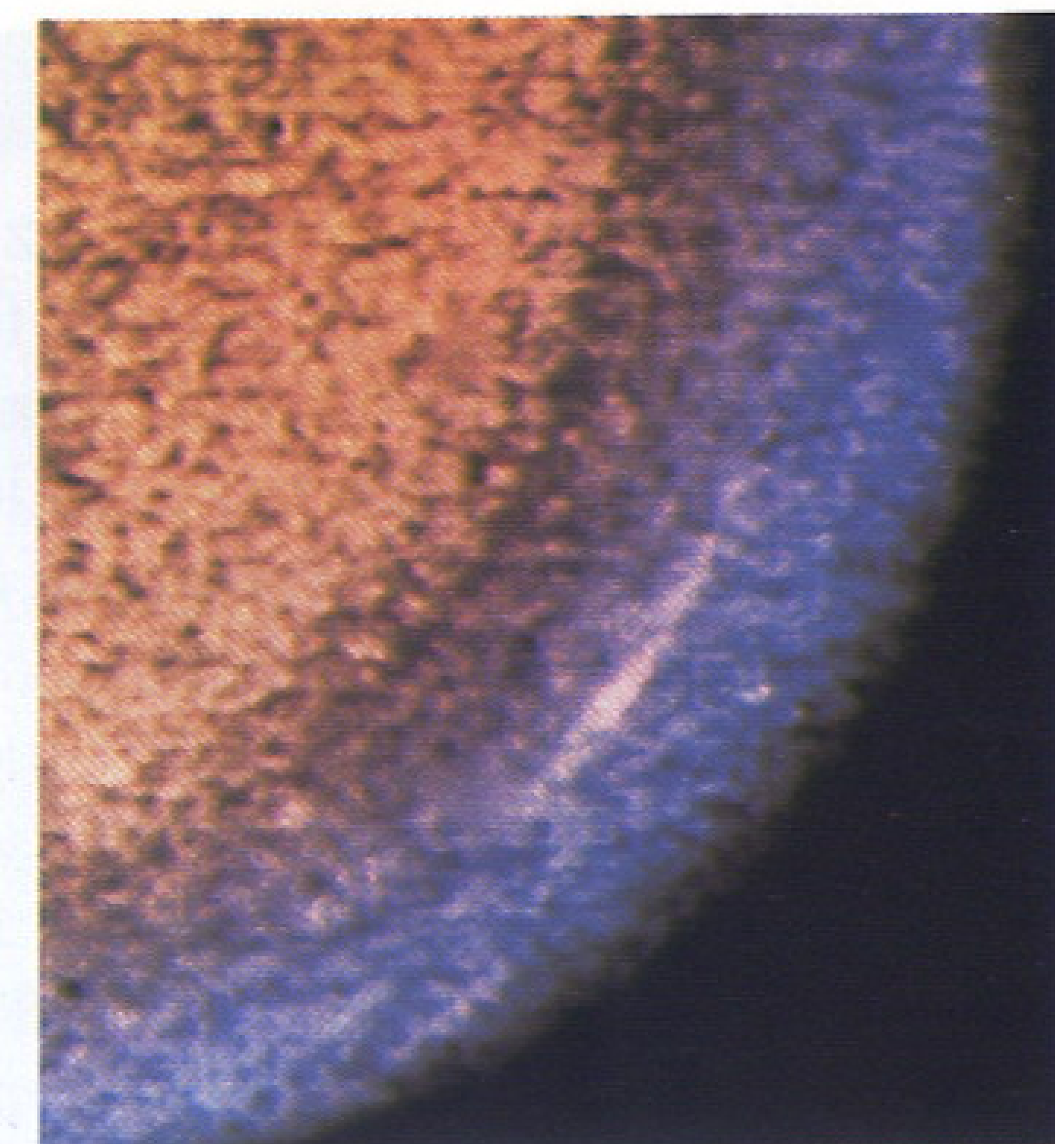


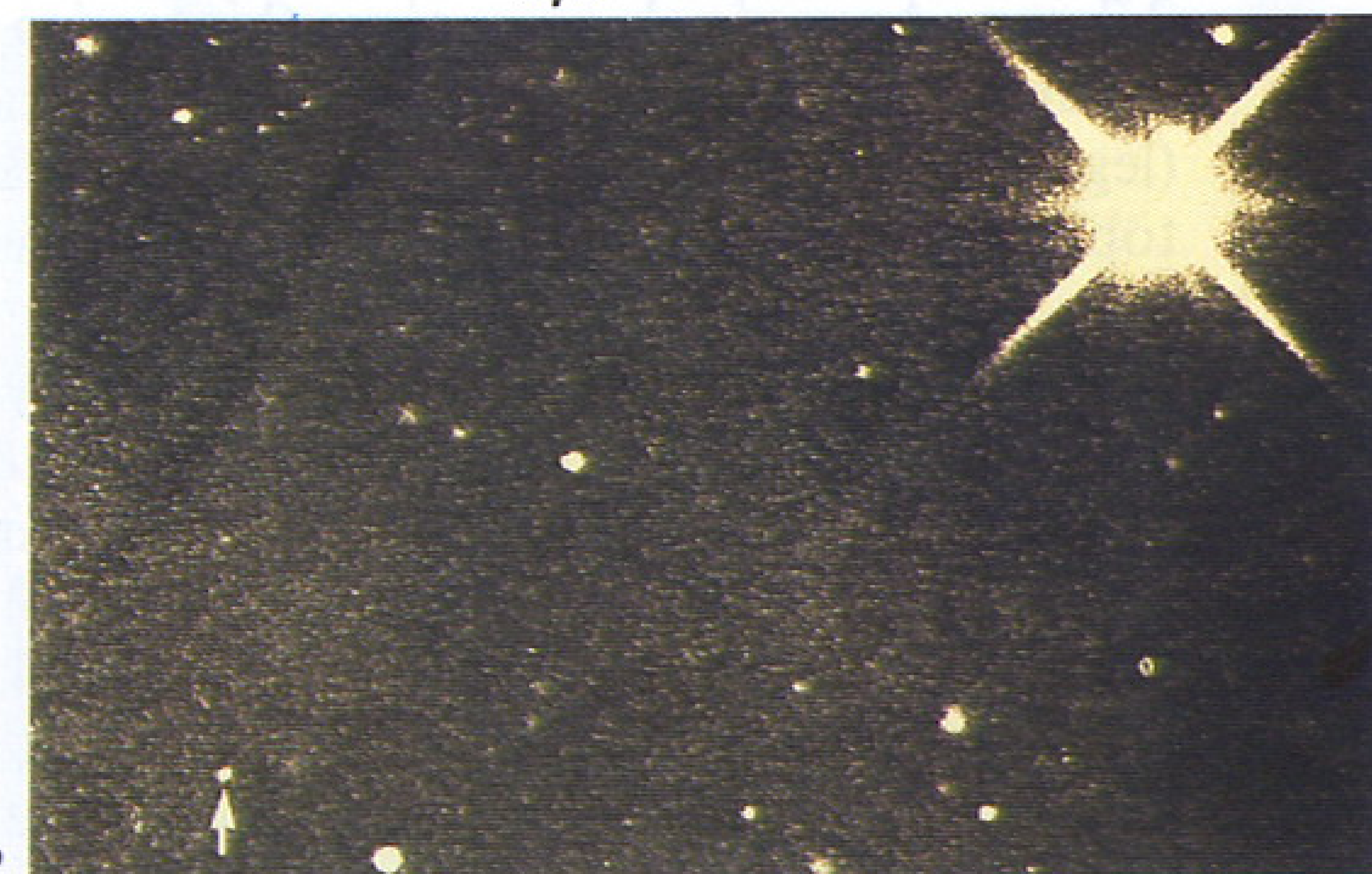
1. Az Uránusz. Szintén óriásbolygó, a Naptól 2873,2 millió km közepes távolságnyira; keringési ideje 84 év és 8 nap. Átmérője 5200 km. Szabad szemmel tiszta időben, földközelben még éppen észrevehető, de a halvány csillagok százaitól csak távcsővel lehet megkülönböztetni. 1781-ben fedezte föl W. Herschel. A Voyager–2 űrszonda 1986-ban vizsgálta közelről, s megállapította, hogy tengelyforgási ideje 17 óra 14 perc; a légkör az óriásbolygókéhoz hasonló összetételű, benne valószínűleg metánból álló felhők lebegnek. **(1/a)** A légkör tetejének hőmérséklete kb. 60 K. Rég ismeretes, hogy a bolygó forgástengelye a keringési síkkal csak 8°-os szöget zár be, s a forgásirány „fordított". Holdjai szintén fordított irányban keringenek az Egyenlítő síkjában.

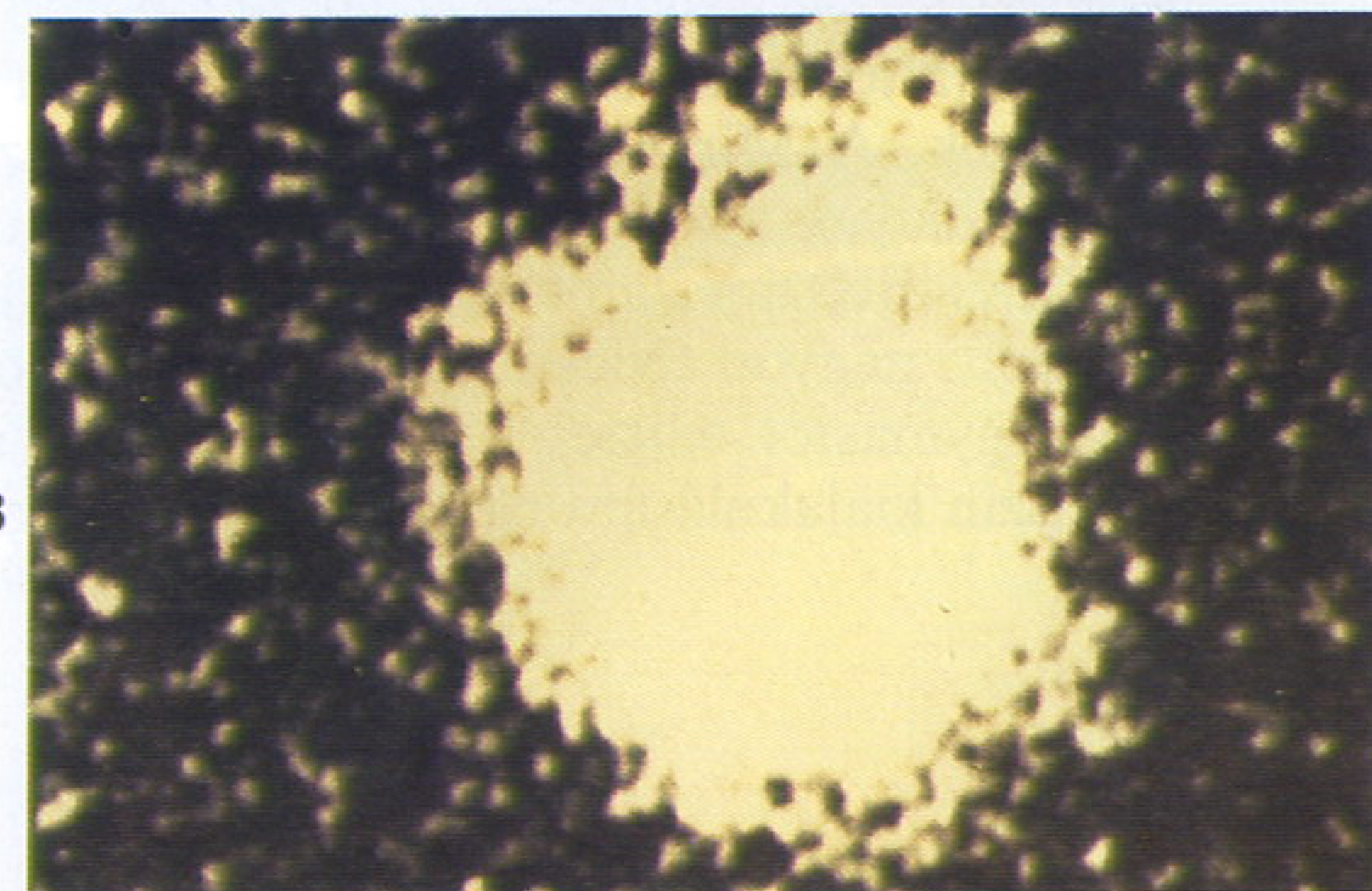
2. A Neptunusz. A Naprendszer nyolcadik bolygója. Közepes naptávolsága 4501,5 millió km, keringési ideje 164 év 282 nap. Egyenlítői átmérője mintegy 50 000 km. Tengelyforgási ideje 18,2 óra. Légköre a többi óriásbolygóéhoz hasonló, bár a Naptól való igen nagy távolsága miatt valószínűleg még hidegebb, mint az Uránuszé. A bolygó szabad szemmel már nem látható meg; az Uránusz mozgásának szabálytalanságaiból elméletben „fedezte föl" U. J. Leverrier, majd az általa megadott helyen Galle német csillagász találta meg 1846-ban. A Neptunusznak ma két holdjáról tudunk. Föltételezik, hogy gyűrűrendszere is van.

3. A Plútó. A Naprendszer legkülső bolygója. Nem tartozik az óriásbolygók közé. 5908,1 millió km közepes naptávolsága és kicsiny (kb. 3000 km) átmérője miatt igen halvány égitest, nagyon keveset tudunk róla, hiszen a legnagyobb távcsövek sem látnak a felszínén részleteket. Keringési ideje 248 év 157 nap, tehát fölfedezése (1930) óta pályájának csak kis részét futotta be. E pálya erősen lapult ellipszis, ezért a Plútó időnként a Neptunuszon belülre kerül (1979 és 1999 közt is!). Egy holdja van.


1

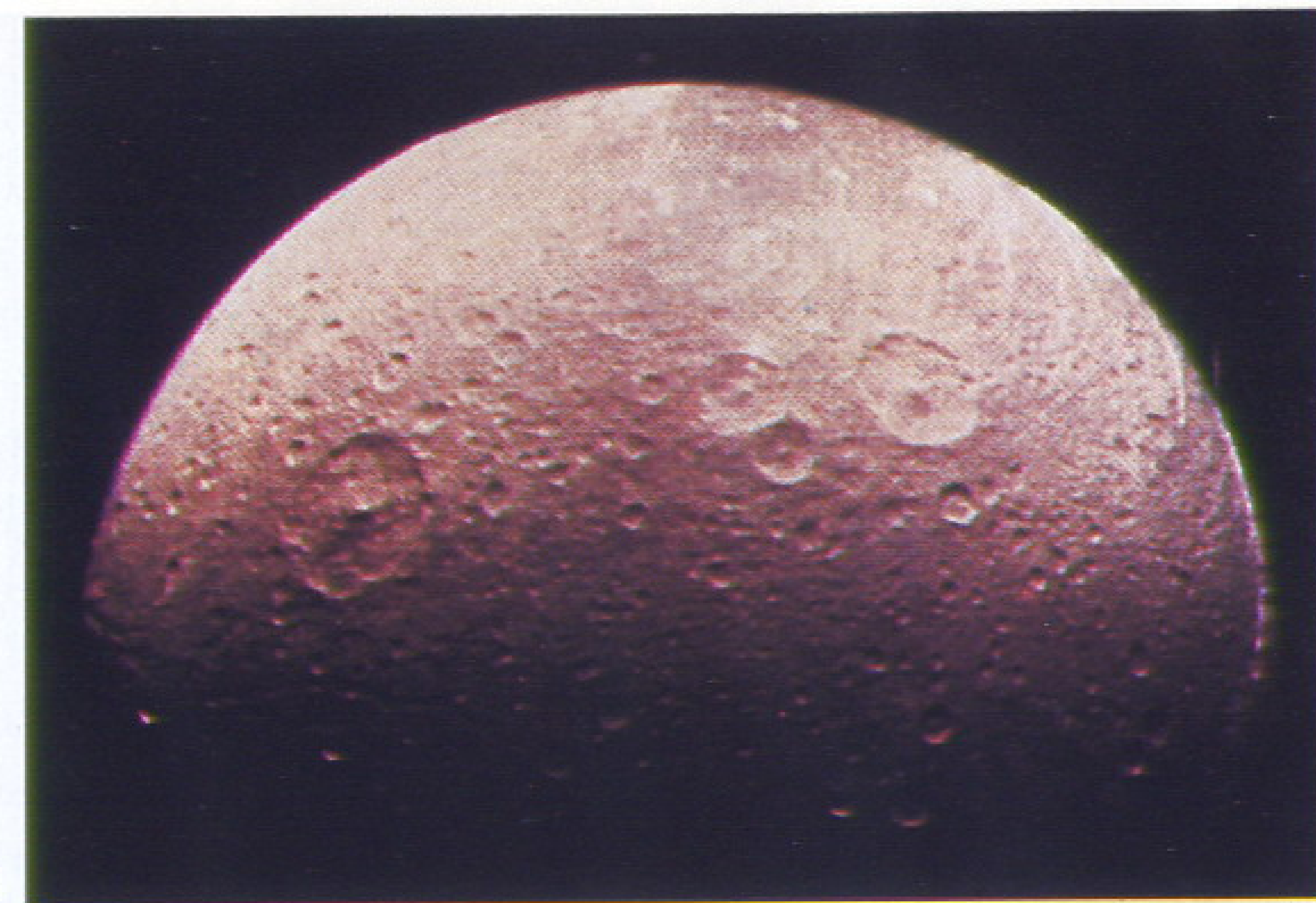

1/a

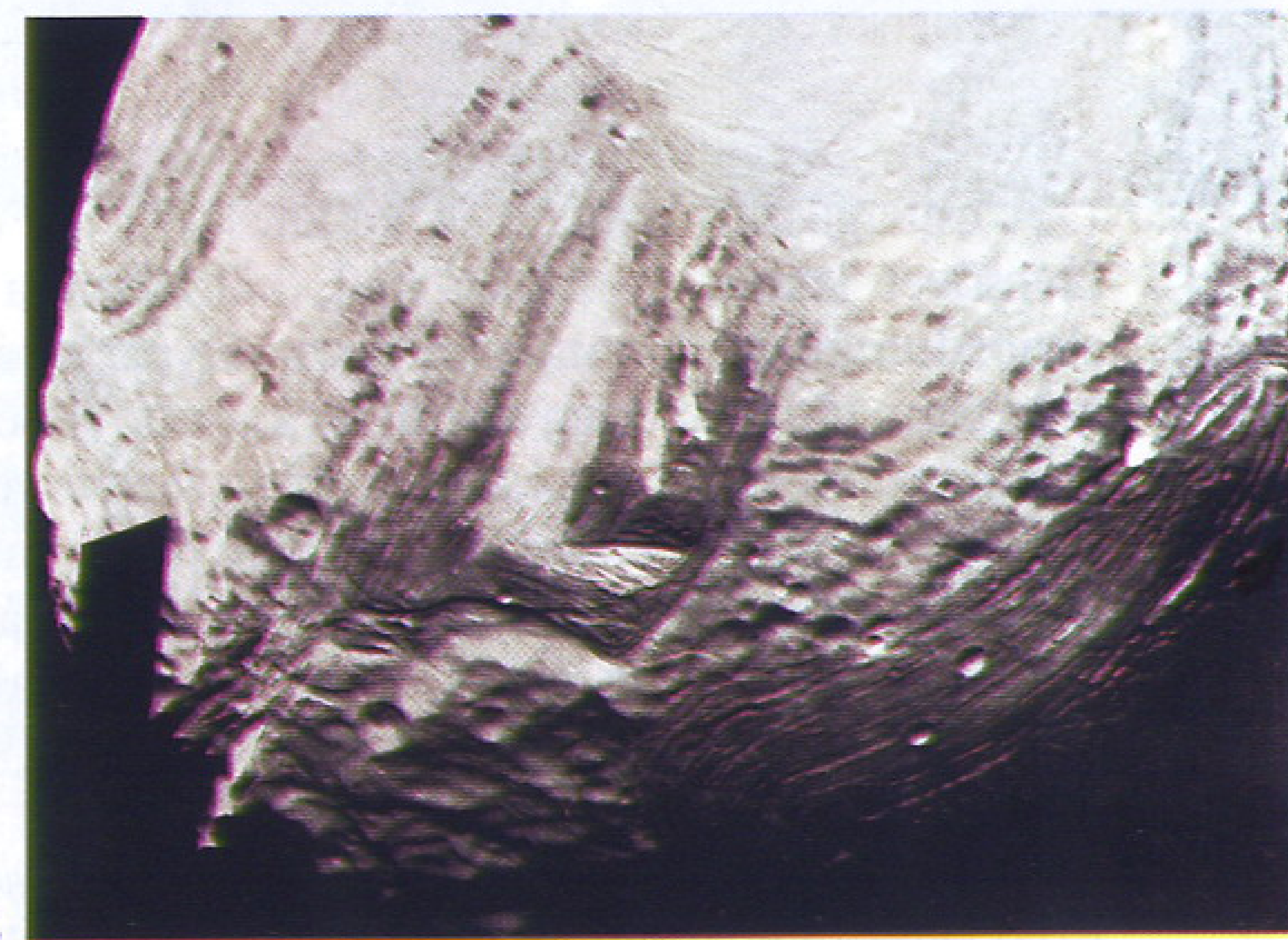

2

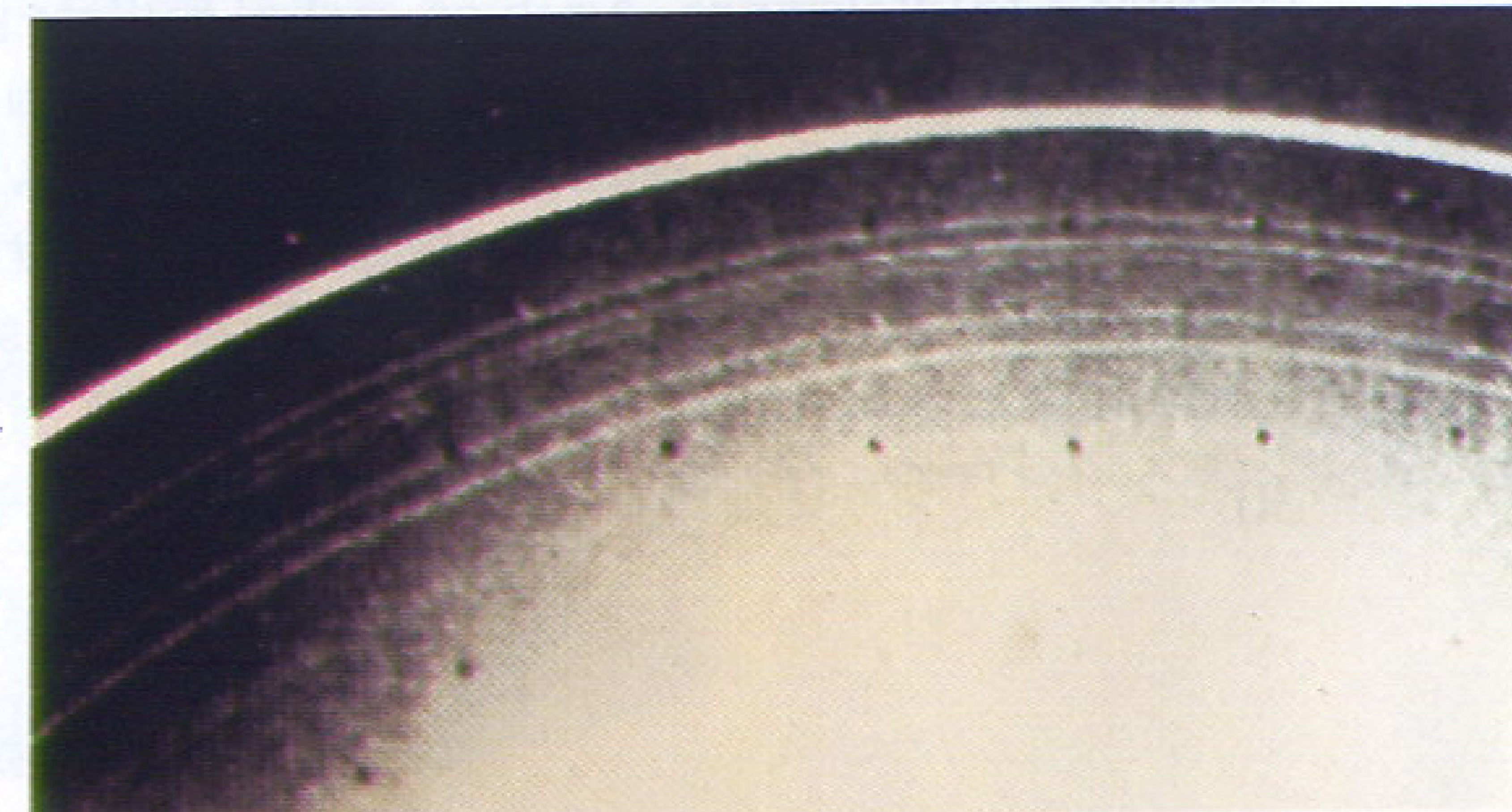

3

1. A Dione. A Szaturnusz bonyolult holdrendszeréből 1982-ig 23 kisebb-nagyobb holdat fedeztek föl. Ezek közül 17-et teljesen biztosan megtalálták, és a Voyager-szondák felvételeinek elemzése még további hat hold létezését valószínűsítette. A legnagyobb Szaturnusz-hold a Titan, amelynek 5150 km az átmérője; légköre és vastag felhőtakarója van; hőmérséklete kb. 95 K; légkörének leglényegesebb összetevője a nitrogén. A holdak sorában a Dione nagyság szerint a negyedik. Látványa erősen emlékeztet a mi Holdunkéra, de több Jupiter- és Szaturnusz-holdéra is, mert felszínén sok – valószínűleg becsapódásos eredetű – kráter látható, továbbá kanyargós völgyek, fénylő vonalak. A Dione átmérője 1122 km, közepes pályasugara 377 ezer km, keringési ideje 2,7 nap. Anyagának nagy része (bizonyára a többi Szaturnusz-holdé is) valószínűleg jég. A Szaturnusz-holdak közül 9 nagy (legalább 200 km átmérőjű, gömb vagy ahhoz közeli alakú), a többi kicsi, szabálytalan alakú, ún. törmelékhold.

2. A Miranda. Az Uránusznak szintén bonyulult hold- és gyűrűrendszere van. A gyűrűrendszert 1977-ben fedezték föl, amikor a bolygó elfedett egy halvány csillagot; lefényképeznie azonban csak a Voyager–2 szondának sikerült. (**2/a**). A Voyager-expedíció előtt az Uránusznak öt holdját ismertük; a szonda még tízet talált, amelyek persze kicsinyek. Minden Uránusz-hold igen érdekes. Az Umbriel felszíne nagyon sötét, talán mert – a többi holdhoz hasonlóan – az Uránusz sugárzási övezetében kering, és az erős részecskesugárzás a felszínt borító metánjégben olyan kémiai változásokat okoz, hogy sötét színű szén-hidrogének keletkeznek. A Miranda a legbelső Uránusz-hold, 131 ezer km sugarú pályán 1,4 nap alatt kerüli meg a bolygót. Átmérője kb. 500 km. Felszíne, amelyről a Voyager igen részletes képeket készített, nagyon érdekes, mert erősen tagolt, s egymás közelében, egymástól teljesen eltérő szerkezetű részletek találhatók. E felszín kialakulására egyelőre nincs elfogadott magyarázat.


1

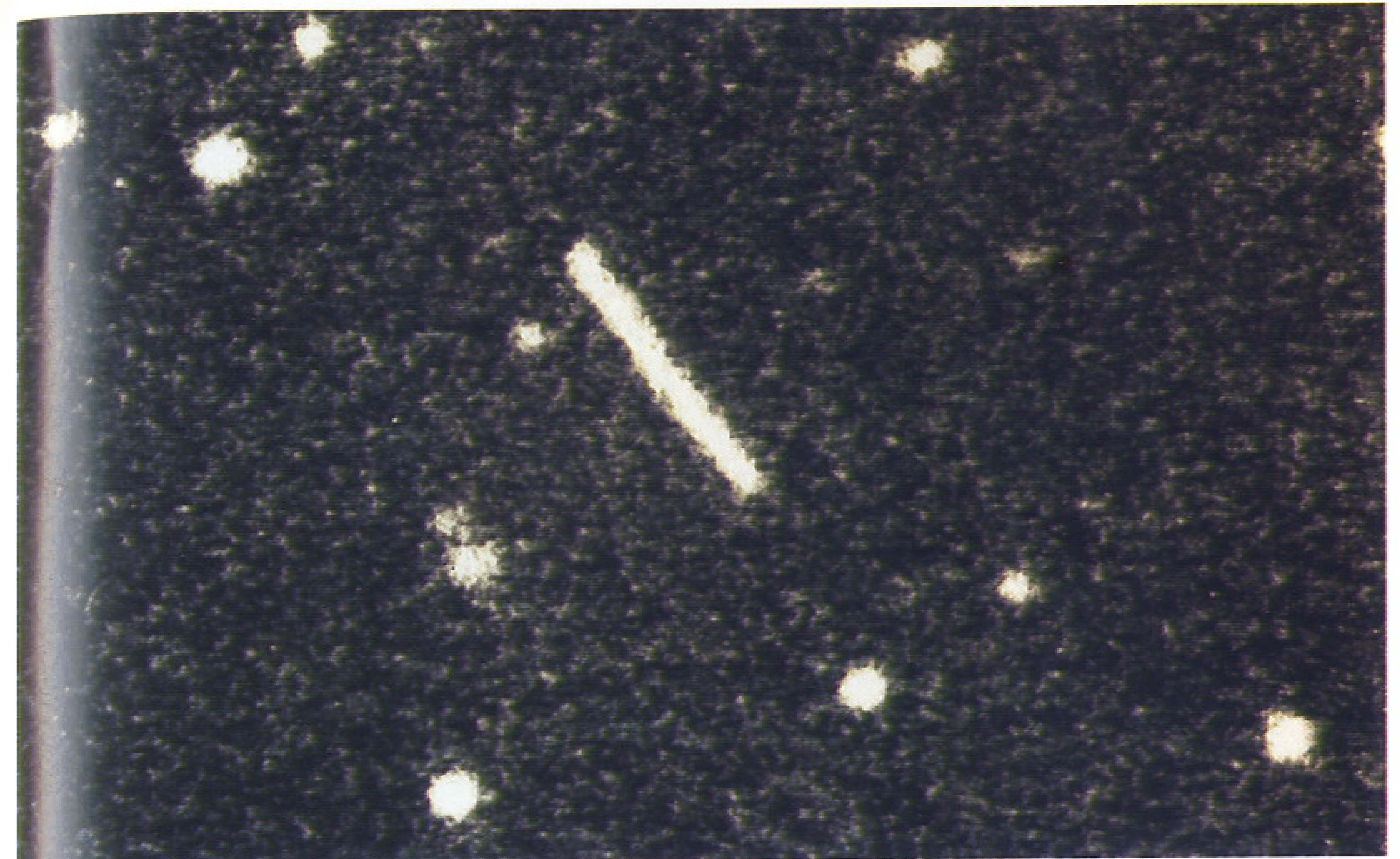

2

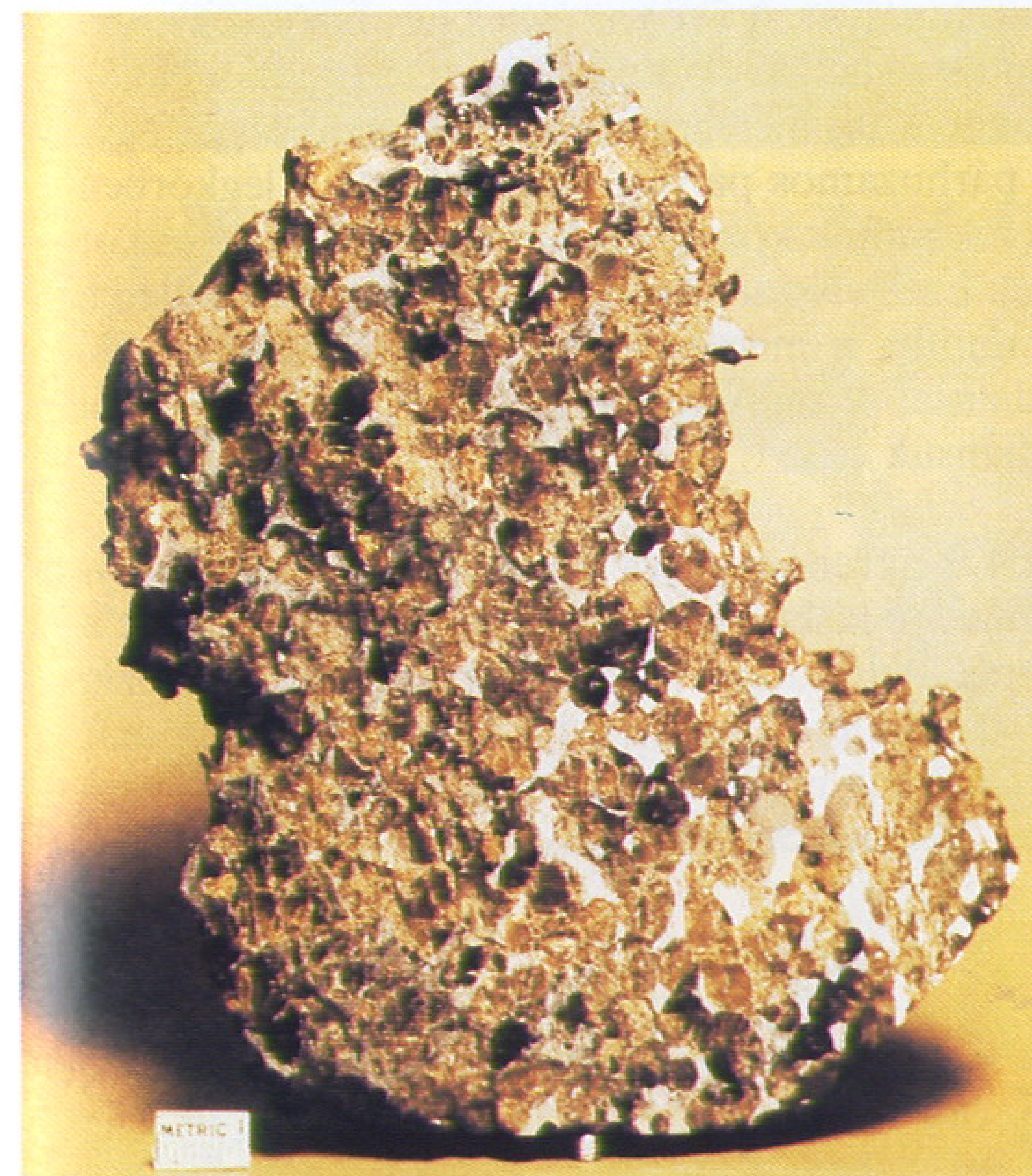

2/a

1. Kisbolygó. A Naprendszer szerkezetével foglalkozó csillagászoknak már vagy kétszáz éve föltűnt, hogy a Mars és a Jupiter pályája közt „túl nagy” a távolság. Kutatni kezdték, nincs-e fölfedezetlen bolygó ezen a területen. 1801. január 1-jén G. Piazzi megtalálta az általa *Ceres*nek elnevezett bolygócskát. Ez 413,8 millió km közepes távolságban 4 év 221 nap alatt kerüli meg a Napot, átmérője kb. 760 km. A további kutatás hamarosan több, hasonló pályán mozgó bolygócskát talált. Jelenleg mintegy 2000 ilyen, ún. kisbolygót tartanak nyilván, de jóval többről van tudomásunk, és nyilván nagyon sokukat még nem ismerjük. A legnagyobb kisbolygó a Ceres; a Földet néha nagyon megközelítő *Hermész* átmérője csupán kb. 900 méter, de a kisbolygóövezetben ennél kisebb méretű testek is jócskán akadnak. Nem mindegyikük pályája fekszik a nagybolygók pályasíkjában, s a kisbolygópályák gyakran sokkal elnyúltabbak, mint azt a nagybolygóknál megszoktuk.

A csillagászati fényképek készítésekor a Föld forgása miatt a távcsövet lassan mozgatni kell, különben a képen a csillagok elmozdulnának. A pontosan beszabályozott távcsőóramű a csillagok elmozdulását kiegyenlíti, a kapott képen a csillagnyomok pontszerűek. Ha olyan égitest kerül a felvételre, amely a csillagokhoz képest mozog, ennek nyoma nem pont, hanem csík lesz. (Lásd képünk.) Ez azonnal föltűnik a lemez átvizsgálásakor. Ha ugyanazt az égitestet több fotón is megtalálják, akkor a nyomokból kiszámítható a kisbolygó pályája.

2. Meteorit. A Nap körül keringő apró égitestek közül egy-egy a Föld légkörébe juthat. Ha elég nagy, akkor a légburkon áthatolva lejuthat a földfelszínre. Az ilyen, égből hullott kövek a meteoritok. Hasonlóak a kisbolygókhoz (bár méretük nagyon csekély), de a légkörön áthaladva felületük nagyon megváltozik: megolvad, megég, így ha megtaláljuk, már nem emlékeztet eredeti alakjára. Anyaguk így is megvizsgálható: a Földön jól ismert kémiai elemek fordulnak elő bennük.


1

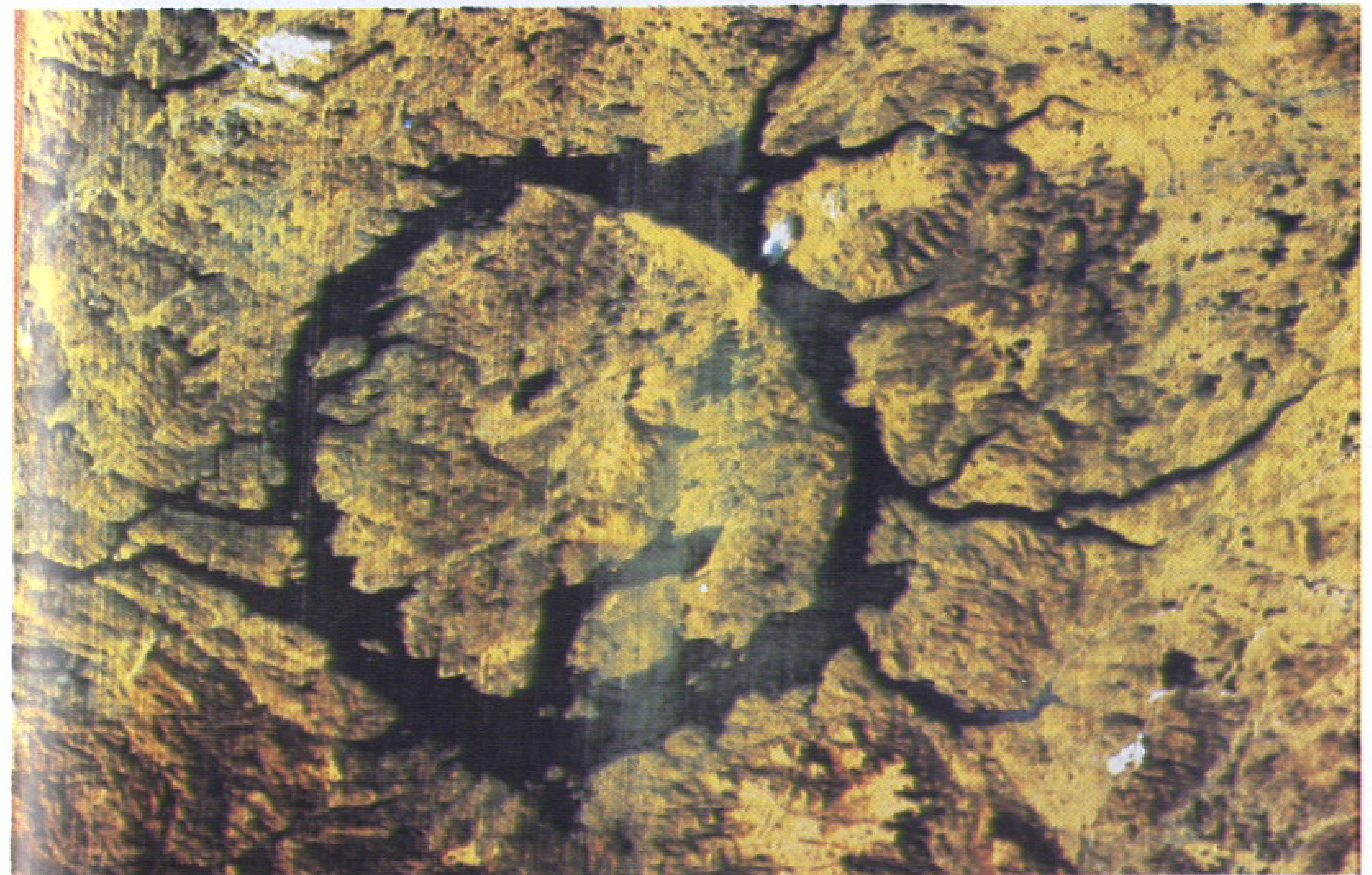


2

1. Meteornyom. Augusztusi éjszakákon sok hullócsillag tűnik föl. A legtöbb ember csak nyáron tölt hosszabb időt éjjel a szabadban, ezért a többi évszak „hullócsillag”-ait csak kevesen ismerik. Ez az elnevezés egyébként helytelen, hiszen e jelenségnek semmi köze a csillagokhoz. Helyesebb, ha jó magyar szó híján meteornak, meteorjelenségnek nevezzük. Egy fényes meteor egy kb. grammnyi kövecske, amely a bolygóközi térből véletlenül légkörünkbe jut, ott lefékeződik, mozgási energiája hővé alakul. Ez a hő fölizzítja magát a meteort, s fénykibocsátásra gerjeszti a levegő részecskéit, ahol a meteor elhalad. Ha több gramm a tömege, akkor nappal is látható fényes tűzgömbként jelenik meg; nagyon ritkán akad többtonnás is, amelynek részei lejuthatnak a földfelszínre. Az általános elképzeléssel ellentétben a meteoritok nem forrón, hanem langyosan vagy hidegen érnek földet. A meteorkövek a Naprendszer terében nem egyenletesen oszlanak el, hanem bizonyos pályák mentén keringenek, s csak akkor válnak számunkra ismertté, ha keresztezik a földpályát. A Föld az évnek egy bizonyos rövid szakaszán tartózkodik a metszéspont közelében, ezért csak ekkor érkeznek légkörünkbe e raj meteorjai. Egy meteorraj tagjai egymással nagyjából párhuzamos pályán haladnak, de a légkörben fölvillanva s közben hozzánk közeledve széttartónak látszó csíkot húznak az égbolton. Ezek visszafelé meghosszabbítva kis területen metszik egymást, mintha a meteorok innen sugároznának szét. E terület a raj radiánsa. A rajok a nevüket arról a csillagképről kapják, ahová radiánsuk esik.

2. Meteoritkráter. A Naprendszer keletkezése idején a nagybolygók és holdjaik felületére kisbolygók csapódtak, így jöttek létre a ma is látható kráterek. A Földön a víz és a szél munkája, az erózió (és más hatások) rég eltüntették ezeket az ősi nyomokat. Ma már csak a legfiatalabb, néhány millió éves becsapódási kráterek vannak meg. Egy ilyen meteoritkrátert ábrázol műholdról készült **2.** képünk.


1

2


1. Üstökösök. Messze, a Plútó pályáján túl egyes kutatók szerint sok millió üstökös kering, de ezeket picinységük miatt sosem láthatjuk. Előfordul azonban, hogy valami zavaró hatás következtében valamelyikük pályája úgy módosul, hogy az üstökös elindul a Naprendszer belseje felé. Egy ilyen test főként jégből és apró porszemekből áll, amelyek a világűr hidegében keményre összefagytak; a Naphoz közelebb jutva azután annak sugárzása melegíteni kezdi az üstökösmagot összefogó jeget. Ebből az elpárolgó anyagból lesz az üstökös „feje", amit kómának nevezünk, s nagyobb üstökösöknél ebből alakul ki a csóva. A magot körülvevő por és gáz részecskéin szétszóródó napfényt, valamint a gáz saját fényét néha szabad szemmel is látni. Nagy üstökösök igen feltűnőek lehetnek, esetleg a nappali égen is; ha pedig éjjel láthatók, csóvájuk az ég nagy részét átívelheti. Régen az emberek, nem tudván, mi ez a jelenség, nagyon féltek az üstököstől: azt hitték, járványokat, háborúkat, katasztrófákat jelez. Pedig még akkor sem történnék nagyobb baj, ha a Föld összeütközne egy üstökös magjával.

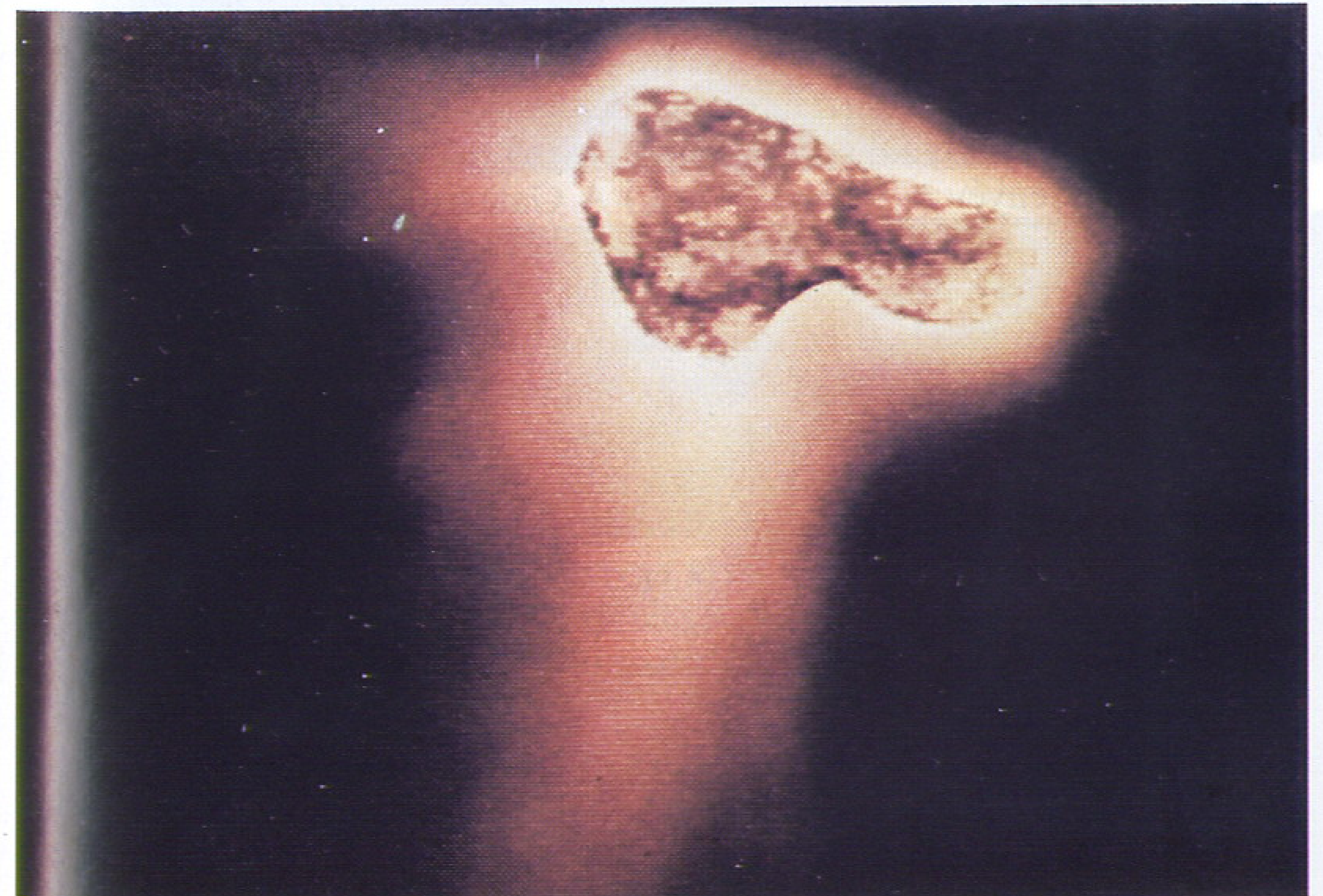
A *West-üstököst* (**1**) 1975-ben fedezték föl, 1976-ban szabad szemmel is jól látható volt. Miközben a csillagászok figyelték és fényképezték, az üstökös magja több darabra esett szét. Ez igazolni látszik azt a régi elméletet, amely szerint a meteorrajok voltaképpen rég széthullott üstökösök maradványai.

A történelmi időkben már sokszor észlelt, kb. 76 év keringési idejű *Halley-üstökös* 1986-os visszatértét az űrkutatás szakemberei is felkészülve várták. Több űrszondát a Halley-üstökös közeli vizsgálatára küldtek. A szovjet Vega-szondák elég jó minőségű fényképeket készítettek az üstökös magjáról, és ezen kívül is számtalan mérést végeztek a magot körülvevő anyagban. Az üstökösmag, mint **2.** képünkön látható, szabálytalan alakú, itt-ott fényes foltokkal (e foltok területén párolog el a mag anyaga).



1

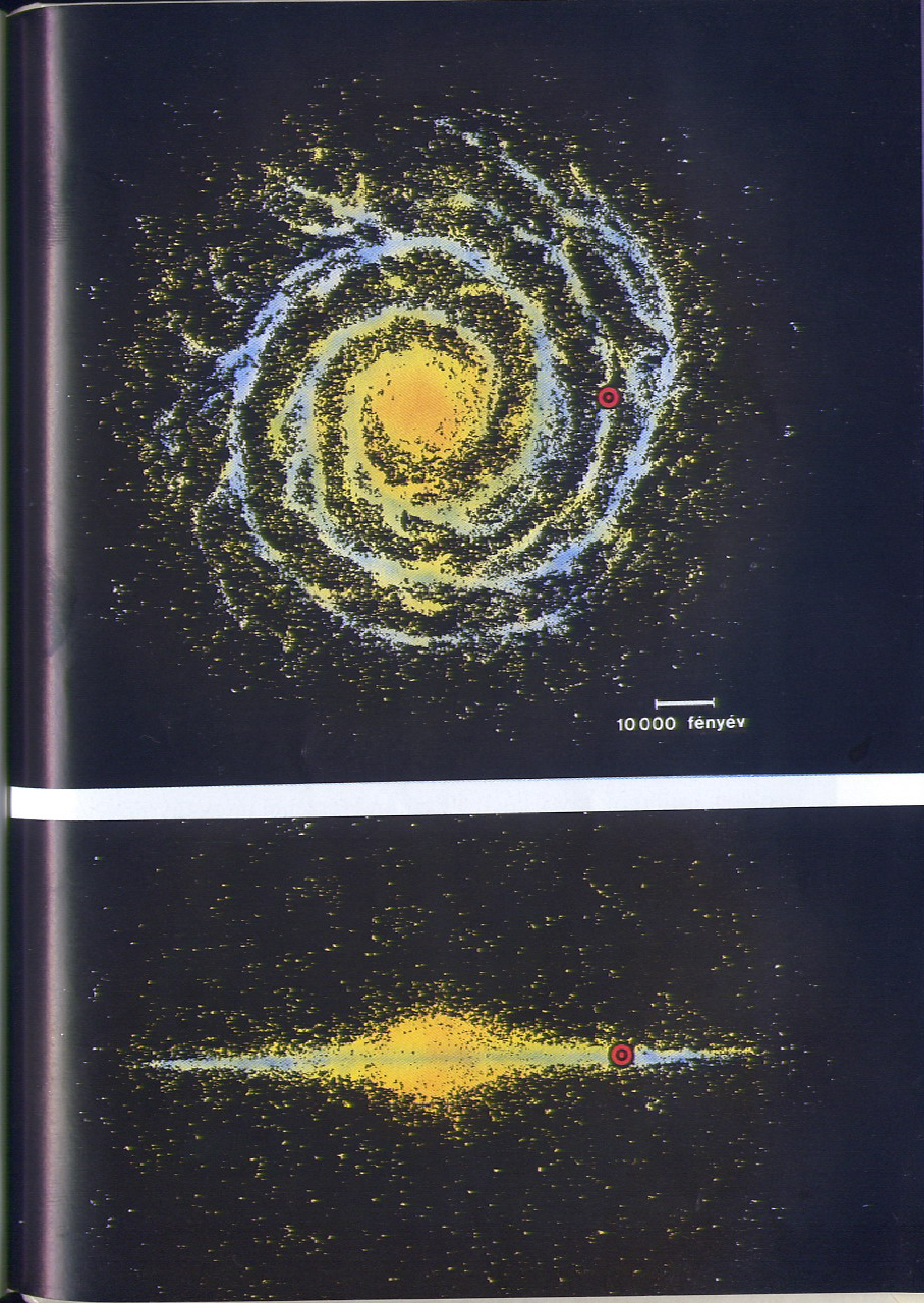
2



1. A Tejútrendszer szerkezete. A Naprendszer után most messzebb tekintünk a térbe, hogy megismerjük kissé tágabb kozmikus környezetünket is. A Napot körülvevő néhány százmilliárd csillag egy lencse alakú térrészt tölt ki; ezt a „csillagvárost" nevezzük Tejútrendszernek (idegen szóval Galaxisnak). A Tejútrendszer közepén valamilyen nagyon sűrű és nagy tömegű, közelebbről egyelőre ismeretlen égitest van, amelyről tudjuk, hogy igen nagy energia szabadul föl benne. Ez az energia részben különféle sugárzások (rádió-, röntgensugárzás stb.) formájában távozik belőle, másrészt hidrogénfelhők kiáramlása szállítja el. Galaxisunk magja tehát igen aktív égitest. Közvetlenül nem figyelhető meg, mert csillagközi felhők eltakarják előlünk. Infravörös- és rádiófrekvenciás észlelésekkel azonban mégis megfigyelhető a centrum környéke, ahol néhány millió naptömegnyi csillag- és gázkoncentrációt találtak. Infravörösre érzékeny műszerekkel magáról a magról is sikerült néhány észlelést végezni.

A mag környékétől spirálkarok rendszere indul ki, amelyek között kevés a csillag és a csillagközi anyag. A karokban van a Tejútrendszer anyagának nagy része. A Nap egy spirálkar belső széle közelében helyezkedik el. (Az ábrán piros ponttal jelölve.) A karok néhány ezer fényév vastagságúak, a mag körüli rész átmérője kb. 15 ezer fényév. (A fényév csillagászati távolságegység. 1 fényév = 9,46 · 10^{12} km.) A Galaxis korongja 75–80 ezer fényév átmérőjű; az egészet gömbszerűen veszi körül a kb. 120 ezer fényév átmérőjű ún. galaktikus halo, amelynek csillagai általában feltehetőleg idősebbek, mint a korongbeliek.

Az egész Tejútrendszer egy síkjára merőleges tengely körül forog. Különböző részeinek szögsebessége azonban nem egyforma, hanem a mag közelében nagyobb, attól távolodva egyre kisebb. A Nap 220 km/s sebességgel kering a centrum körül, és kb. 230 millió év alatt járja egyszer körül. A Galaktika, amely 10-12 milliárd éve létezik, legalább 20 más tejútrendszerrel együtt az ún. lokális galaxishalmazhoz tartozik.



1. Tejút-részlet. Derült éjszakán, városi fényektől távol eső megfigyelőhelyről az égre pillantva láthatjuk, hogy a csillagok nem rendszertelenül oszlanak el, hanem egy égi főkör mentén sűrűsödnek. E kör vidékén szabálytalan határvonalú, derengő ezüstös fényfátyol vonul végig, amelyben itt-ott sötét „lyukak" vannak. Ez a Tejút sávja. A régiek nem tudhatták, mi ez, amíg Galilei távcsövével meg nem vizsgálta és föl nem fedezte, hogy a Tejút voltaképpen sokmilliónyi halvány csillag egybemosódó fénye, néhol fénylő csillagközi felhőkkel. Vannak a csillagok közt fényelnyelő felhők is; a Tejút sötét részei ilyen fényelnyelő felhők. Távcsövön keresztül lefényképezve a Tejút egy részletét, a képen megörökíthető az a sok csillagocska, amelyeket szabad szemmel ugyan nem látunk, de amelyek oly sokan vannak, hogy együttes fényük már feltűnő. Az ilyen képeken általában csillagközi felhők is láthatók.

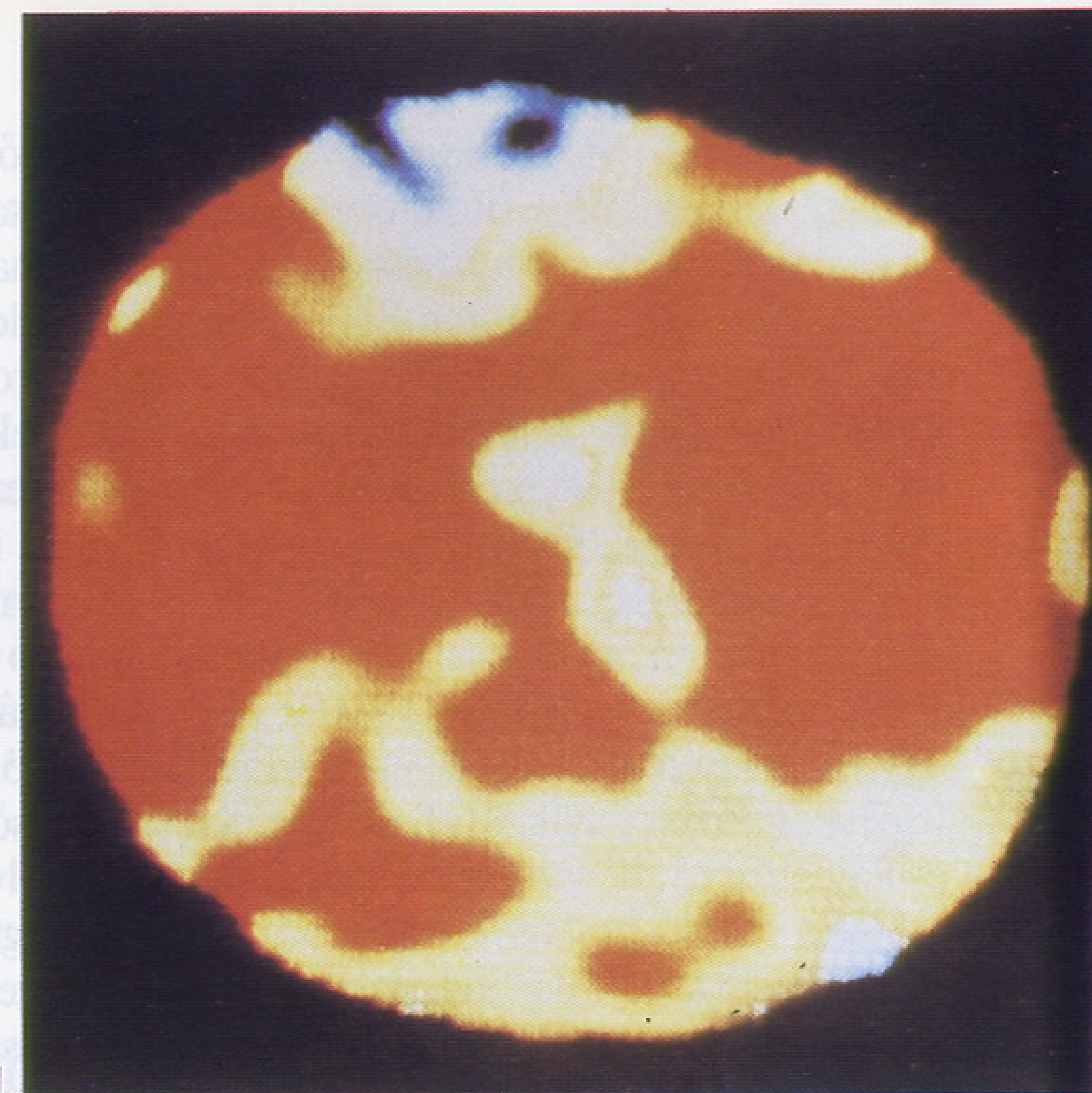
A Tejút csillagainak fölfedezése után azon kezdtek gondolkodni a csillagászok, hogy ez a sok csillag vajon hogyan helyezkedik el a térben. W. Herschel – jobb híján – egy feltételezésből indult ki: abból, hogy minden csillag egyforma fényes, és csak azért látjuk őket különböző fényesnek, mert különböző távolságban vannak. Így a fényesebb csillagok közeliek, s minél halványabbnak tűnnek, annál messzebb vannak. (Azért kényszerült e föltevésre, mert akkoriban még nem tudták meghatározni a csillagok távolságát.) Ezután Herschel nagy távcsövével az ég különböző irányaiban csillagszámlálást végzett, és a kapott adatokból megpróbálta kideríteni a környező csillagok elhelyezkedésének szabályosságait. Arra a következtetésre jutott, hogy e csillagok egy lapos korongban vannak, amelynek közepe a mi Naprendszerünk. E pontatlan kép volt a Tejútrendszer első modellje. Valójában a Nap mintegy 30 ezer fényévnyire van a Tejútrendszer közepétől.



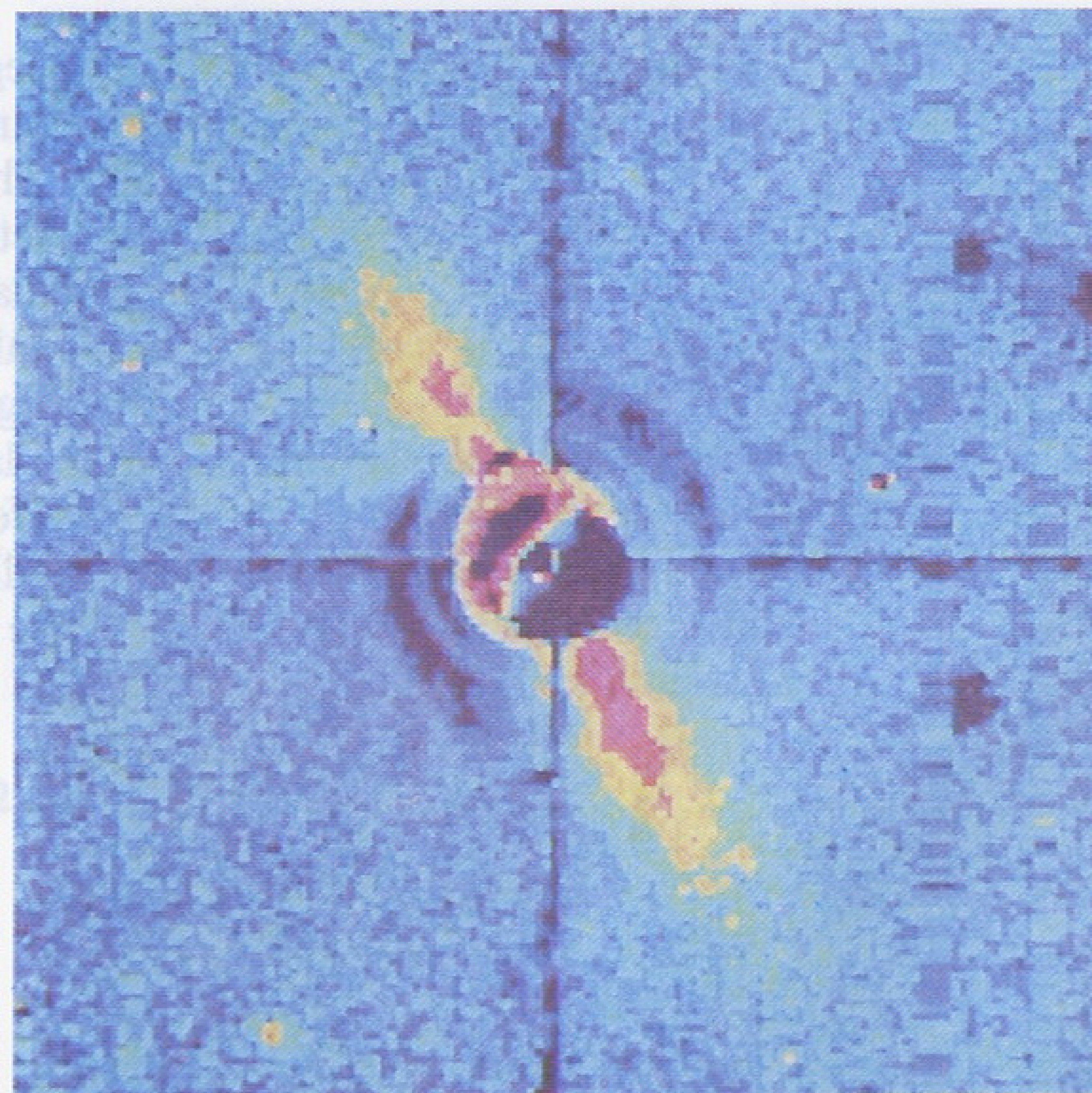
XIX. tábla

1. A Betelgeuze foltjai. Amikor Kopernikusz (1473–1543) kimondta, hogy a Föld a Nap körül kering, a korabeli csillagászok egy része nem hitt neki. Azt mondták, ha igaza lenne, akkor a Föld mozgása miatt a csillagok – egy év periódussal – látszólag ingadoznának az égen. (Parallaktikus elmozdulás.) Ezt azonban nem tapasztaljuk, tehát a Föld nem mozoghat. Kopernikusz szerint a csillagok parallaktikus elmozdulását csak azért nem látjuk, mert a csillagok igen messze vannak. Kortársai ezt sem fogadták el, mert ehhez a csillagoknak olyan messze kellene lenniük, ami akkor hihetetlennek tűnt. Mégis Kopernikusznak volt igaza. Azóta sok csillag távolságát sikerült megmérni (többek között épp a parallaktikus elmozdulás észlelése útján), és kiderült, hogy a legközelebbi csillag is több mint 4 fényévnyire van a Naprendszertől. Ezért a legnagyobb távcsövek is pontnak mutatják a csillagokat. A legkorszerűbb megfigyelési technika tette csak lehetővé, hogy néhány közeli óriáscsillagról, így a Betelgeuzéről (ez a téli égbolt Orion csillagképének legfényesebb tagja, az α Orionis, tőlünk kb. 470 fényévnyire van) olyan képet készítsünk, amely bizonyos részleteket is mutat a csillagon. Felszínén ugyanis hűvösebb és melegebb foltok vannak, és ezeket, bár nagyon elmosódóan, de sikerült lefényképezni.

2. A β Pictoris körüli felhő. Ma úgy tudjuk, hogy a Naprendszer egy csillagközi por- és gázfelhő összetömörüléséből jött létre. A nagyjából gömbölyű, forgó felhő a forgás miatt egyre laposabb lett, sűrűsége nőtt; közepén kialakult a Nap, s a körülötte megmaradt anyagból álltak össze a bolygók. Ha ez így történt, és nemcsak a Nap, hanem más csillagok is így keletkeznek, akkor ma is kell lenniük olyan csillagoknak, amelyek körül még ott van a lapos por- és gázkorong, a bolygórendszer őse. Az ilyen korongot a Föld felszínéről nem lehet észlelni, de mesterséges holdon elhelyezett infravörös távcsővel igen. Néhány csillag mellett sikerült is ilyen felhőt kimutatni, így a **2.** kép tanúsága szerint a β Pictoris nevű csillagnál is.



1



2

1. A Pleiádok. (M 45). Ha egy csillagközi felhőben megkezdődik a csillagkeletkezés bonyolult folyamata, akkor általában egyszerre sok csillag születik. Ezek természetesen közel vannak egymáshoz. Nincsenek azonban nyugalomban, hiszen az eredeti felhő anyaga örvénylett, mozgott. A születő csillagok tehát forognak és egymáshoz képest mozognak is; ezért bár közel keletkeztek egymáshoz, idővel szétszóródnak a térben. Az ilyen, együtt keletkezett csillagok „társaságát" nyílt csillaghalmaznak nevezzük. Sok ilyet találhatunk az égen; talán a legszebb, legfeltűnőbb és legismertebb a Pleiádok. A téli égbolton, a Bika csillagképében található meg. A magyar nép Fiastyúknak nevezi, szabad szemmel 7-8 csillagát láthatjuk, amelyek egy teliholdnyi területen helyezkednek el, s a Göncölszekérhez némileg hasonló pici alakzatot rajzolnak ki. Távcsővel itt mintegy 230 csillag látható; hosszabb expozíciójú fényképfelvételen pedig megtaláljuk a fényes csillagok körül annak az anyagnak a maradványát is, amiből a halmaz keletkezett. E szálas szerkezetű porköd jól kivehető az itt látható felvételen. A Fiastyúk csillagai nagyon fiatalok: alig néhányszor 10 millió évesek.

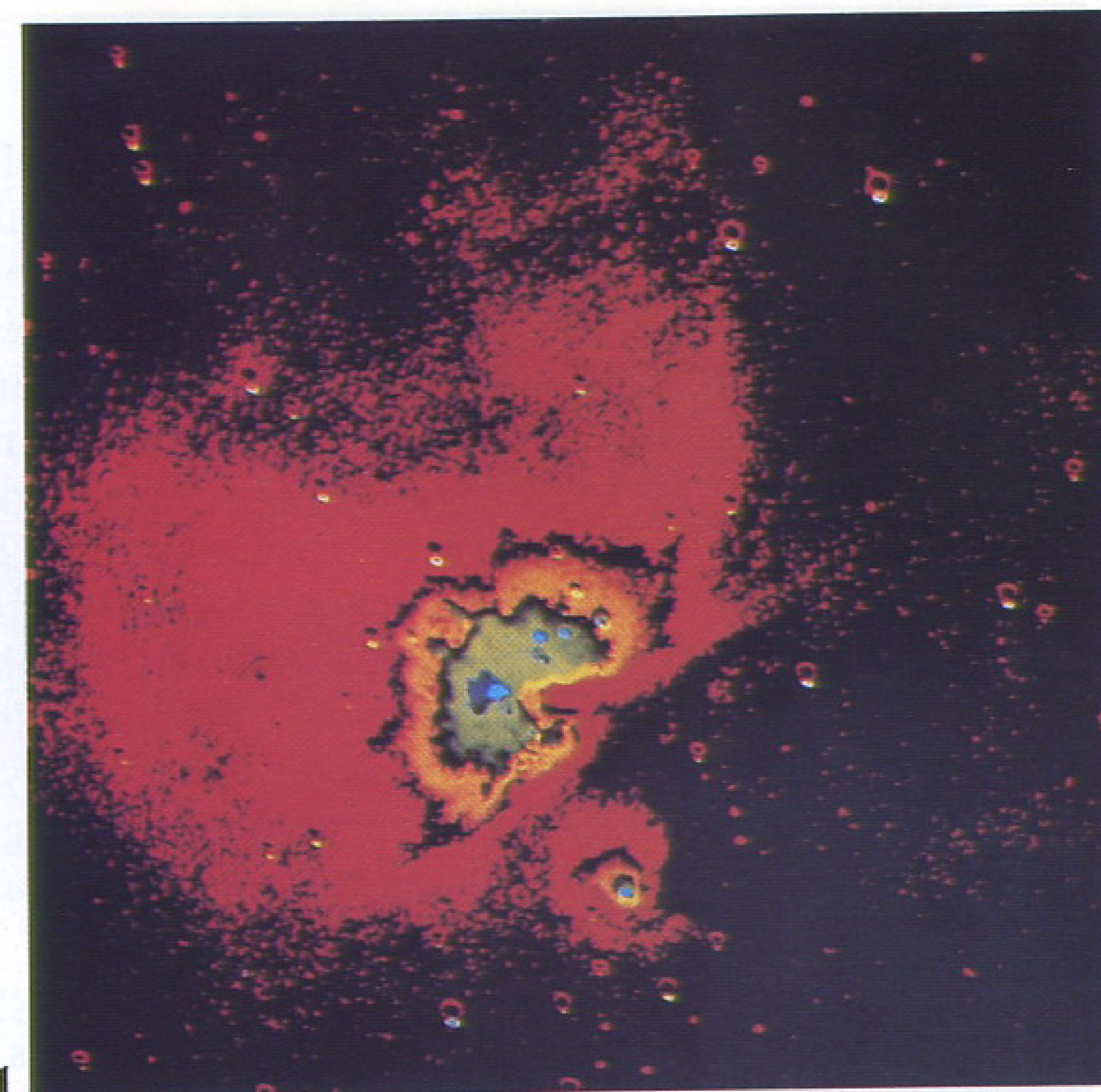
2. Az M 13 jelű gömbhalmaz. Egészen más jellegűek a gömbhalmazok, amelyek többnyire a galaktikus halóban vannak. Ezeknek csillagai oly közel vannnak egymáshoz, hogy a halmaz sosem szóródik szét, mert a tömegvonzás együtt tartja őket. Egy-egy gömbhalmazban általában öreg, 10-12 milliárd éves csillagok tízezrei vannak együtt. A képen az egyik legfényesebb gömbhalmazt, az M 13 jelűt látjuk. Ez a Herkules csillagképben, a tavaszi égen látható; kedvező körülmények között szabad szemmel is megpillanthatjuk kis derengő foltját. Színházi látcsővel még könnyebben felfedezzük, nagyobb távcsőben pedig igen látványos: szélén egyes csillagai külön is feltűnnek, míg közepe felé rengeteg csillagának fénye már egybemosódik. E halmaz tőlünk kb. 22 ezer fényévnyire van.


1


2

1. Az Orion-köd. A téli (de talán az egész) égbolt leglátványosabb csillagképe az Orion. Nagy négyszöge közepén három, egy vonalban álló csillag alkotja az Orion övét. Ez alatt tiszta időben szabad szemmel is kivehető egy elmosódó halvány folt, a Nagy Orion-köd. Távcsővel igen érdekes látványt nyújt, színes csillagászati felvételeken még szebb. Itt egy ún. hamis színezésű képet látunk róla, amelyen a különböző színek a felhő különböző fényességének – tulajdonképpen sűrűségének – felelnek meg. Ezen csak a köd legfényesebb része látható; érzékeny műszerekkel halvány foszlányait az egész csillagkép területén ki lehet mutatni. Viszonylag sűrű része 30 fényév, legfényesebb vidéke 5-6 fényév átmérőjű lehet. Tőlünk mintegy 1000–1500 fényévnyire van. A színképelemzés tanúsága szerint anyagának nagy része hidrogén. Belsejében igen fiatal, legföljebb 15 ezer éves csillagokból álló csillagtársulás van; ezek erős sugárzása készteti fénylésre az Orion-köd anyagát. Kissé távolabb néhány százezer, még távolabb (az Orion öve környékén) néhány millió éves csillagok találhatók, ezek együtt az Orion-asszociációt alkotják. A vidék tehát születő csillagok bölcsője.

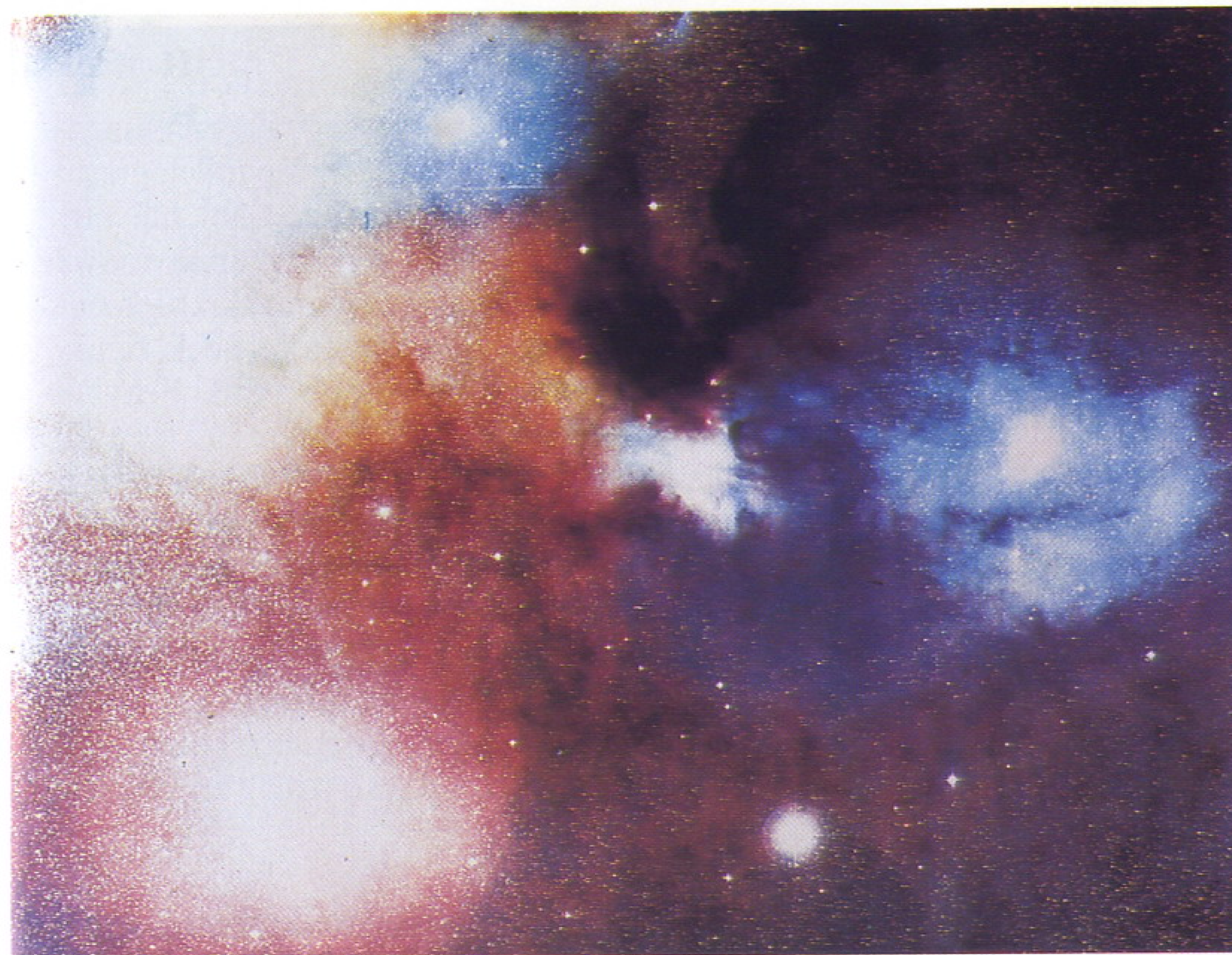
2. A Lófej-köd. A csillagközi anyag csak akkor fénylik, ha benne vagy közelében erősen sugárzó, forró csillagok vannak. Ilyenek hiányában a felhő sötét, jelenlétét csak az árulja el, hogy a mögötte lévő égitestek fényét a sötét köd elnyeli. A sötét felhő alakját akkor lehet a legjobban szemügyre venni, ha mögötte véletlenül világító gázköd van. Ilyen a *Lófej-köd*, amely szintén az Orion csillagképben van. Az IC 434 jelű világító hidrogénködöt a képen szintén látható ζ Orionis csillag sugárzása gerjeszti. Előtte, tőlünk talán 1200 fényévnyire helyezkedik el az eléggé ismert Lófej-köd, amely nevét jellegzetes alakjáról kapta. Sötét kontúrja szépen kirajzolódik a fénylő háttéren. Távcsőben, szabad szemmel vizsgálva, nem könnyű megtalálni. Megfelelő színszűrők segítségével készült fényképfelvételek azonban szépen megmutatják.


1


2

1. A ϱ Ophiuchi körüli köd. A csillagközi felhők anyaga nagyrészt hidrogén, de nem tiszta, hanem egyéb anyagokat is tartalmaz. Ezeknek az anyagoknak az atomjait, molekuláit a közelben lévő forró csillagok sugárzása gerjesztheti, és akkor e részecskék bizonyos hullámhosszú, azaz meghatározott színű fényt bocsátanak ki. Hogy milyet, az a gerjesztett részecske fajtájától és a felhő fizikai viszonyaitól függ. A csillagközi felhők különböző részei különböző színösszetételű fényt bocsáthatnak ki, s az érzékeny színes fényképeken nagyon látványos képet adnak. De még ennél is érdekesebb a felhők „rádióképe", amit a korszerű műszerek részletdúsan elő tudnak állítani. A csillagközi térben előforduló vegyületek ugyanis többnyire nem a látható, hanem a rádiótartományban sugároznak, így a felhő anyagának bonyolultabb molekuláit a rádiósugárzás vizsgálata árulja el. A csillagközi felhőkben egyébként eddig – meglepő módon – többféle szerves molekulát is kimutattak, így metilamint, etilalkoholt stb. Ezek a molekulák nem szerves úton keletkeztek, s csak azért tudnak megmaradni a csillagközi tér mostoha körülményei között, mert ott a gázsűrűség igen csekély lévén, a részecskék csak igen ritkán „zavarják" egymást. A képen látható felhő érdekessége, hogy bár fényképe is nagyon szép, a rádióképből, illetve rádiósugárzása elemzéséből kiderült: e felhő sok, viszonylag összetett molekulát tartalmaz, csillagok is keletkeznek benne.

2. A Sas-köd (M 16). E szép csillagközi felhő a Kígyó csillagképben van. Mintegy 5400 fényév a távolsága, s benne fiatal, forró csillagok halmaza található. Átmérője kb. 70 fényév, legsűrűbb belső részéé 25 fényév. Erősen fényelnyelő, sűrű részei és világító területei érdekes rajzolatot mutatnak. A felhőben számos kis gömbszerű sötét felhő is kimutatható, ezek keletkezőben lévő, magfúziós energiatermelést még nem folytató csillagok. Itt szinte a kutatók szeme láttára jönnek létre új és új csillagok.



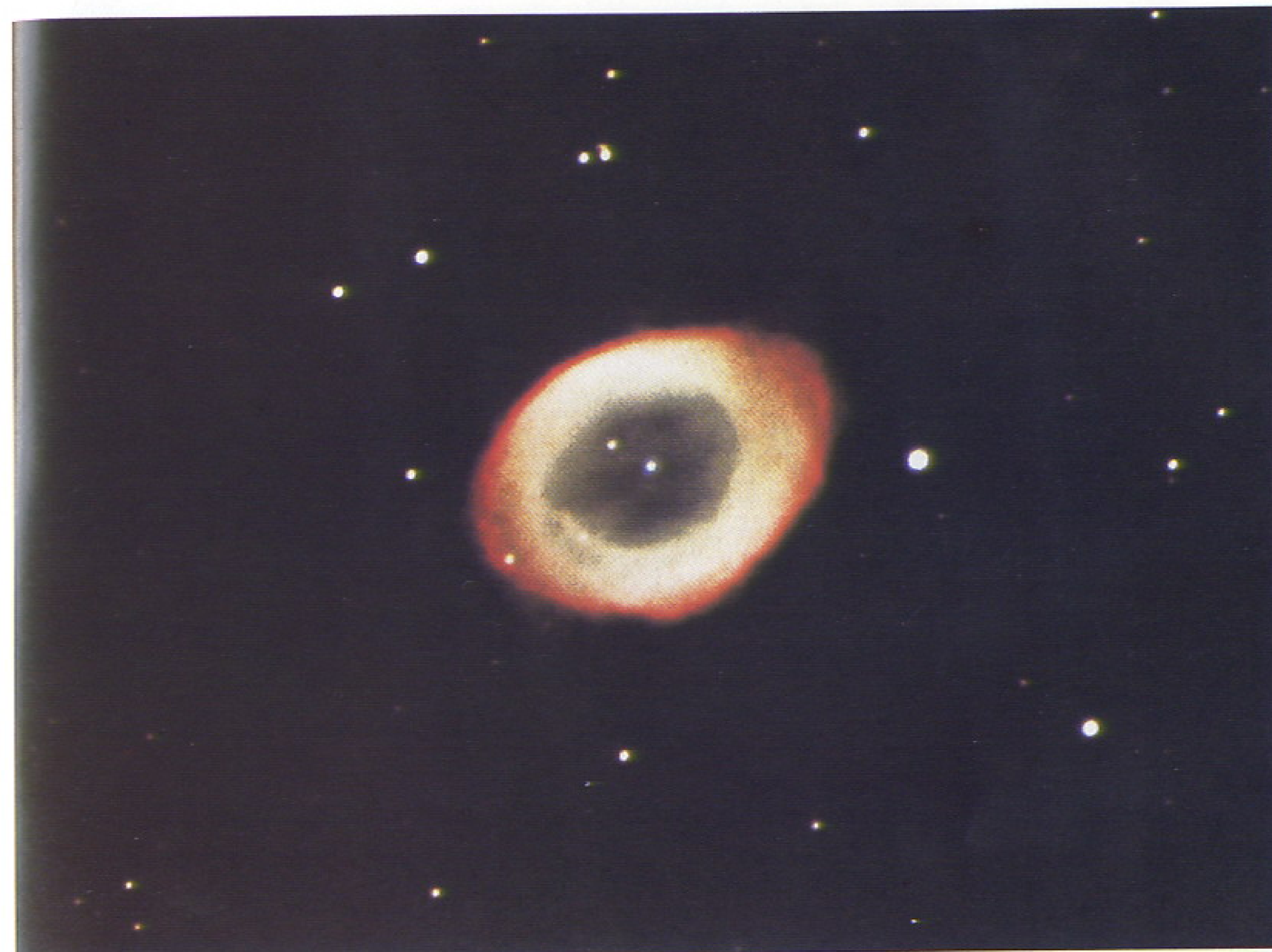
1



2

1. A Lyra gyűrűs köd (M 57). Júliusi, augusztusi éjszakákon magasan, majdnem a fejünk felett delel a fényes Vega. Ez a paralelogramma alakú Lant csillagkép legfényesebb csillaga. A Lant halvány csillagnégyszögének déli oldalán van a – sajnos csak jobb távcsővel megpillantható – Lyra gyűrűs köd. Ez nagyjából gömb alakú gázbuborék, kisebb távcsőben korongnak, azaz bolygószerűnek tűnik. Ezért az ilyen típusú felhőket „planetáris köd"-nek nevezik. Fényképe kimutatja, hogy a felhő közepén igen magas (kb. 100 ezer K) felszíni hőmérsékletű csillag van, amelynek sugárzása nagyrészt a szemmel nem látható ultraibolya-tartományba esik. Gothard Jenő magyar csillagász fedezte föl a múlt század végén. E központi csillag – voltaképpen két, egymáshoz nagyon közel keringő (ún. kettős) csillag – hozta létre a felhőt ún. nóvakitörés alkalmával, legalább 20 ezer évvel ezelőtt. Egy nóvakitörés bonyolult folyamat; a két csillag kölcsönhatása következtében az egyik csillag felszínhez közeli rétegeiben – néha többször is – robbanás történik, és a csillag anyagának egy része szétrepül.

2. A Rák-köd (M 1). Amikor egy csillag belsejében annyira megfogyatkozik a hidrogén, hogy a magfúzió akadozni kezd, a csillagban csökken a nyomás, s az égitest kezd összehúzódni. Ettől a belseje még jobban fölmelegszik, újabb magreakciók indulnak meg benne, de idővel ezek üzemanyaga is elfogy. Ezután, ha a csillag tömege legalább 3-szor akkora volt, mint a Napé, további összehúzódással sem tudja helyreállítani az egyensúlyi állapotot. A magreakciók megszűnésekor a csillag hirtelen összeroskad, és annyira felhevül, hogy szinte teljesen szétrobban. Ez a szupernóva-kitörés; ilyenkor a csillag néhány hétig többmilliárdszorosára növeli fényességét. Anyagának nagy része a térben szétszóródik, és benne a robbanás során nehézelemek atommagjai is kialakulnak. A Bika csillagképben 1054-ben felrobbant szupernóva maradványa a Rák-köd. Belsejében a csillag magjának maradványa, egy ún. neutroncsillag rejtőzik.



1

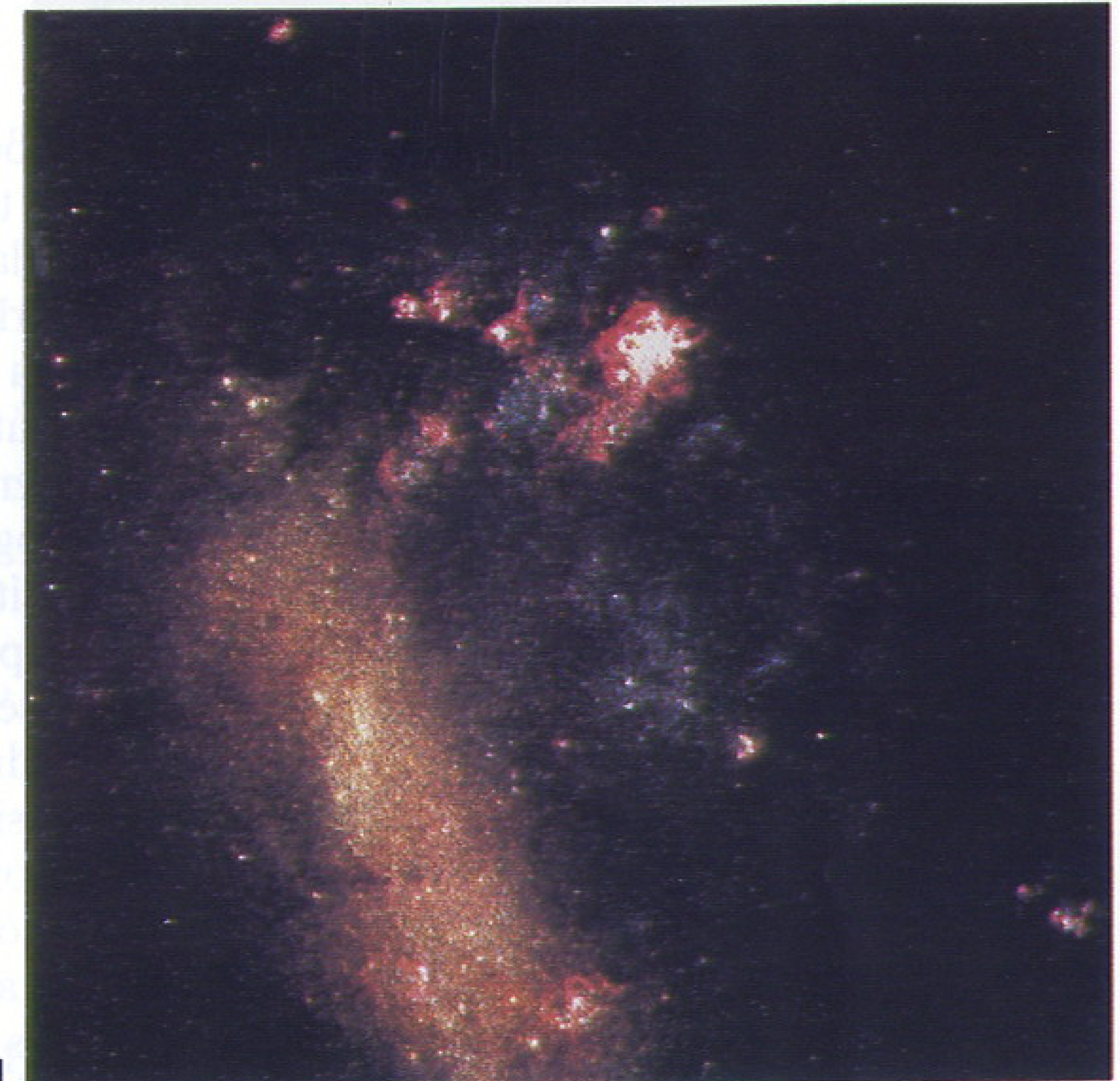


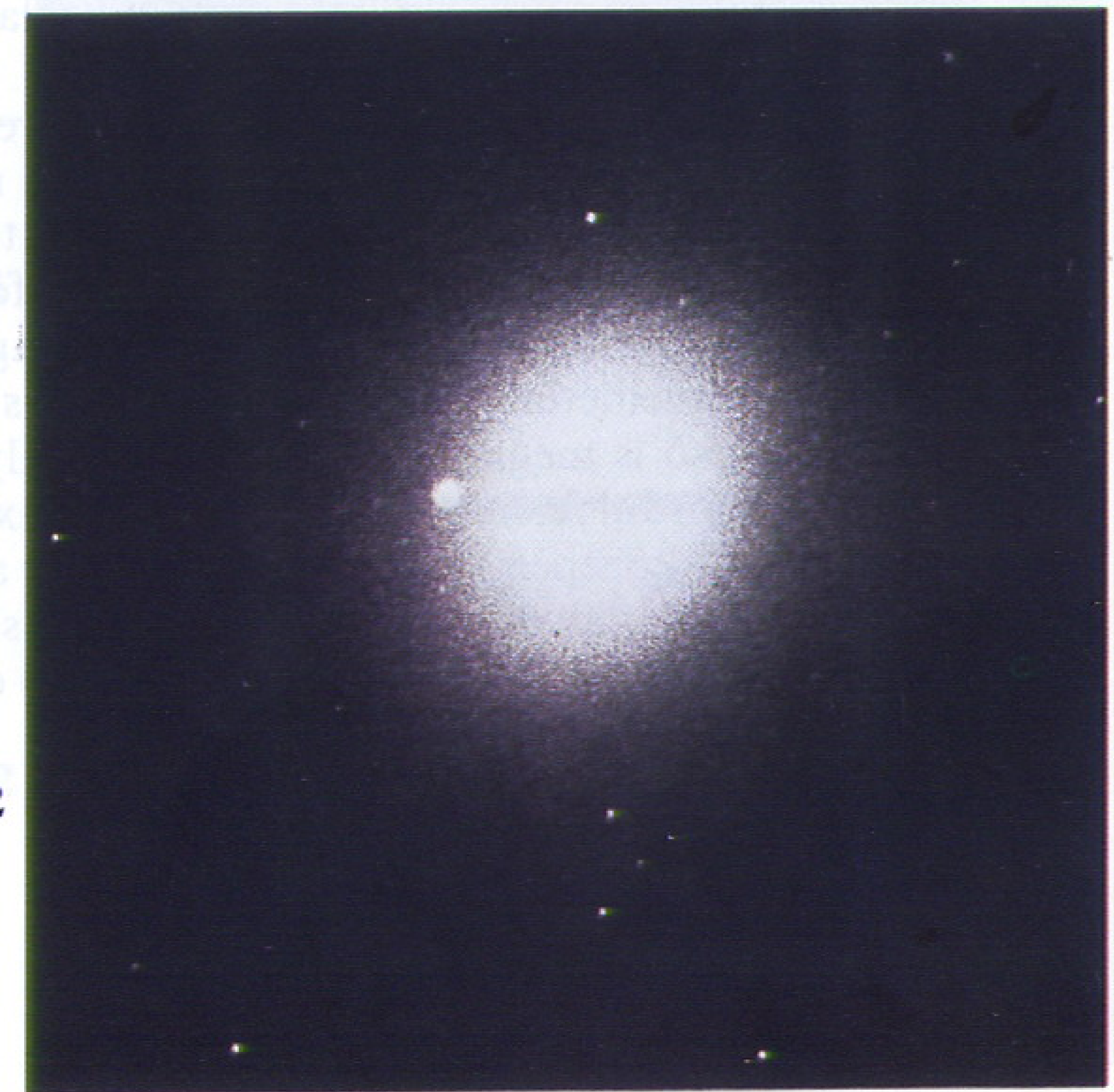
2

XXIV. tábla

1. A Magellán-felhők. Századunk elején még senki nem tudta, hogy a Tejútrendszer egyben az egész Világegyetem-e, vagy van még más tejútrendszer is. Ennek eldöntéséhez egyrészt meg kellett határozni Tejútrendszerünk méreteit, másrészt módszert kellett kidolgozni óriási távolságok megmérésére. Ha már tudjuk, mekkora a Tejútrendszer, és találunk égitesteket, amelyek már „nem férnek bele", akkor a Tejútrendszer még nem az egész Világegyetem. A Magellán-felhők bizonyos periodikusan változó fényességű csillagainak, az ún. cefeidáknak a vizsgálata szolgáltatta az első módszert nagyon távoli égitestek távolságmérésére. Fölfedezték ugyanis, hogy e csillagok annál fényesebbek, minél hosszabb a fényváltozásuk periódusideje. Ezért bármely cefeida periódusának megméréséből megmondhatjuk, milyen fényes a csillag. Ebből, figyelembe véve azt is, milyen fényesnek látszik, kiszámítható a távolsága. Eszerint a Magellán-felhők tőlünk mintegy 200 ezer fényévnyire vannak. Minthogy a Tejútrendszer átmérője alig feleekkora, e felhők messze túl vannak a Galaktika határain, ún. külső tejútrendszerek (extragalaxisok). Alakjuk szabálytalan, a gravitáció kapcsolja össze őket a Tejútrendszerrel. Úgy is szokták mondani, ezek (s még néhány kis galaxis) a Tejútrendszer kísérői. (Képünkön a Nagy Magellán-felhő látható.)

2. Elliptikus galaxis. A második képen is egy távoli tejútrendszer látható, de ez nem szabálytalan alakú. Jobban hasonlít a Tejútrendszerre, mint a Magellán-felhők, mert alakja elliptikus. Nincsenek azonban spirálkarjai, s nagyon kevés benne a csillagközi anyag. Csillagainak érdekes tulajdonsága, hogy – mondjuk a Naphoz képest – alig tartalmaznak nehezebb elemeket, pl. fémeket. Mindez arra utal, hogy az elliptikus galaxisok nagyon idősek. Csillagaik a galaxis közepétől kifelé egyre ritkábban helyezkednek el, ezért az ilyen tejútrendszerek képein középtől kifelé egyre halványabb részletek vannak. Némelyik elliptikus galaxis körül halvány, porból, gázból vagy csillagokból álló héjak fedezhetők fel.


1


2

1. Az Androméda-köd (M 31). A legjobban ősszel megfigyelhető Androméda csillagkép legérdekesebb részlete; talán a legismertebb galaxis. Tőlünk, mint csillagainak vizsgálata alapján megbecsülhető, mintegy 2,5 millió fényév a távolsága. Szerkezete igen hasonló a mi Tejútrendszerünkéhez, mert fényes magja és spirálkarjai vannak. Méretei is nagyjából megegyeznek a Tejútrendszer megfelelő méreteivel. Nagy távolsága miatt néhány százmilliárd csillagának egybemosódó fénye alig elegendő ahhoz, hogy szabad szemmel megpillantsuk az égen. Nagy távcsővel készített fényképein apróbb galaxisokat találunk a közelében; két elliptikus kísérő-galaxisa jól látszik a képen, de további két törpe kísérője is van. Szintén a lokális galaxishalmazhoz tartoznak. Az Androméda-köd spirálkarjai a legnagyobb távcsövek segítségével csillagokra bontva is tanulmányozhatók; ismerünk bennük változócsillagokat, csillaghalmazokat, csillagközi felhőket – egyszóval minden olyan égitestet, amilyet a Tejútrendszerben is megtalálhatunk (ha elég fényes, hogy meglássuk). Nóvakitöréseket is láttak már benne. Képünkön az Androméda-ködöt ferde rálátásban látjuk, első pillantásra ezért tűnik elnyúlt elliptikus galaxisnak.

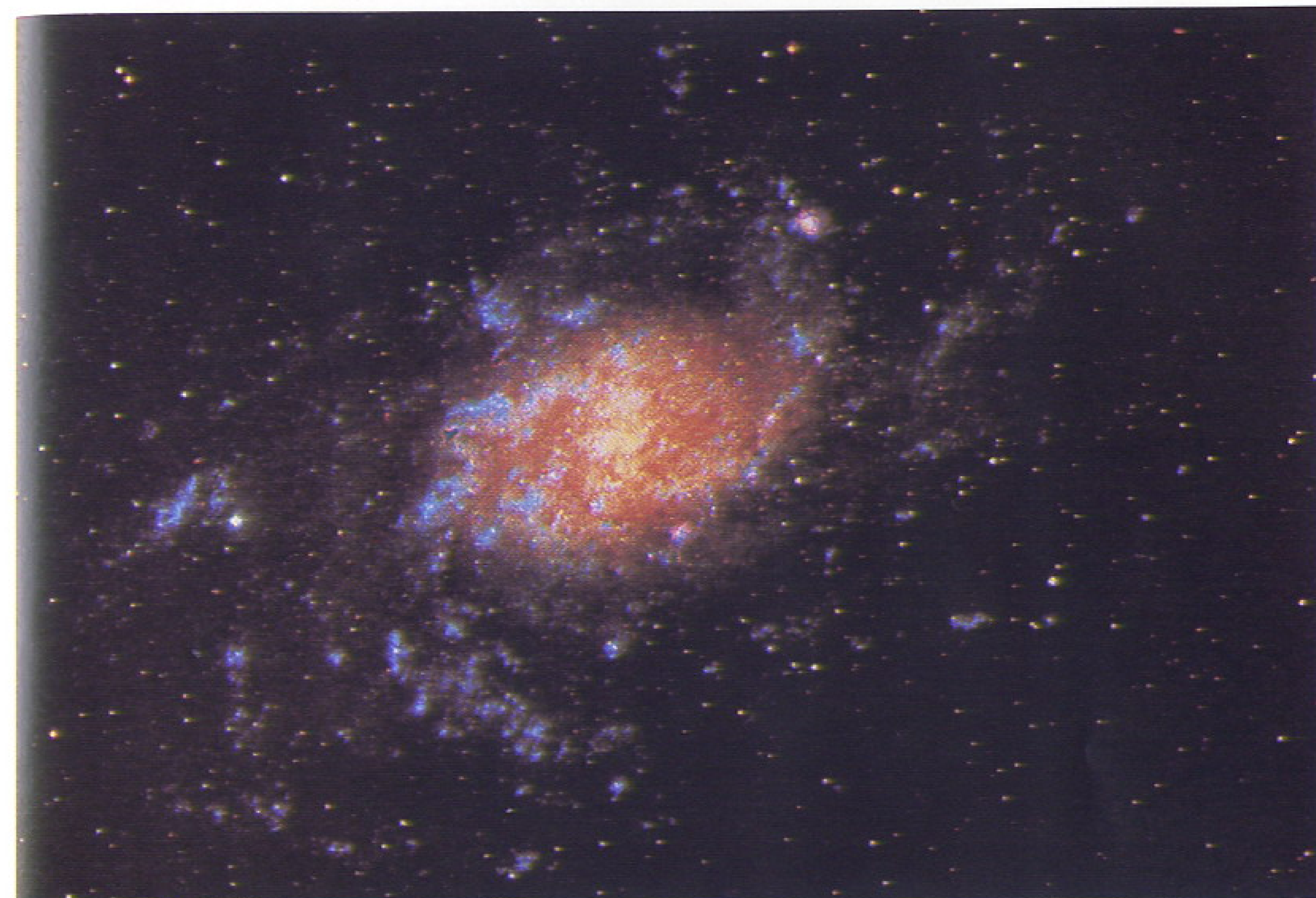
2. A „Sombrero”-galaxis (M 104). Ez a tejútrendszer a Szűz csillagképben látható. Az égboltnak e vidékén nagyon sok extragalaxist lehet fölfedezni, ugyanis itt található a Virgo-galaxishalmaz, amelynek mintegy 3000 tagja elég fényes ahhoz, hogy lefényképezhessük. Ezek közül kb. százat nagyobb amatőr távcsővel is észlelhetünk. A Sombrero-galaxis elég fényes, már kisebb távcső is megmutatja. Alakja azért ilyen különös, mert épp élével fordul felénk, így bár spirális galaxis, szerkezete nem vehető ki. A közepén végighúzódó sötét sáv a galaxis fősíkjába tömörülő csillagközi anyag fényelnyelő hatásának következménye. A „Sombrero” átmérője nagyjából 100 ezer fényév; körülötte sok gömbhalmaz található.


1


2

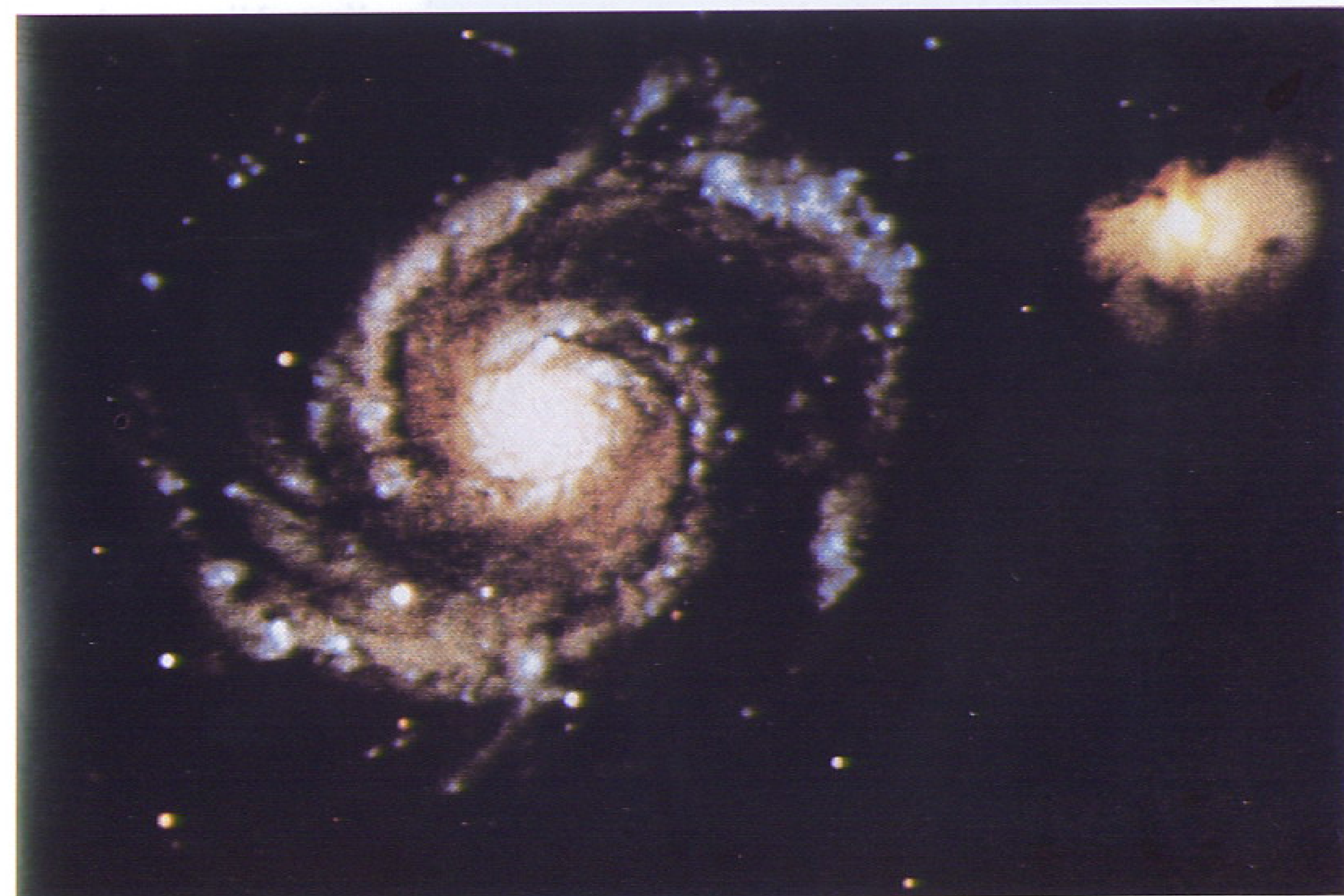
1. Az M 33 jelű spirálgalaxis. Az őszi égbolt kicsi és jellegtelen Háromszög csillagképének különlegesen szép látványossága. Nagyon jó látási viszonyok esetén még szabad szemmel is észrevehető, így az Androméda-köd után a második legfeltűnőbb extragalaxis. Szinte pontosan a síkjára merőleges irányból látjuk, ezért spirális karjainak szerkezete nagyon jól tanulmányozható. Átmérője mintegy 60 ezer fényév, tőlünk kb. 2,4 millió fényévre van. Legfényesebb csillagait a nagy távcsövek külön is megmutatják, csillaghalmazok és csillagközi felhők is láthatók benne. Színes fényképfelvételen még az is kivehető, hogy spirális karjainak csillagai kékebbek, mint a magot nagyjából gömbszimmetrikusan körülvevő csillagok; ha a képet számítógéppel módosítják, úgy, hogy a színkülönbség erősebb legyen, akkor e kétfajta csillag még jobban különválasztható. Ez a két csillagnépesség (ahogy a csillagászok mondják, csillagpopuláció) általában minden tejútrendszerben kimutatható, így a mi Tejútrendszerünkben is. A térben gömbszimmetrikusan elhelyezkedő, vörösebb, ún. II. populációs csillagok valószínűleg öregebbek, mint a kékebb, a spirálkarokat alkotó, nehezebb elemeket is tartalmazó I. populációsak.

2. Az M 51 ikergalaxis. A Göncölszekér rúdja utolsó csillagának közelében van az M 51. Ez voltaképpen két tejútrendszerből álló „ikergalaxis", amelyeknek közös fősíkjára nagyjából merőlegesen tekintünk, így szerkezetüket is jól megfigyelhetjük. Látható, hogy egy nagyobb spirálgalaxis egyik spirálkarja végén van a másik kisebb, szabálytalan alakú tejútrendszer. Mindkettő tőlünk mintegy 13 millió fényév távolságban van, a nagy tejútrendszer átmérője kb. 100 ezer fényév. Lehetséges, hogy a nagy galaxis magjának robbanása „dobta ki" a kisebbet, s így jött létre ez a szép szerkezet; de valószínűbb, hogy a két tejútrendszer mozgása során véletlenül került egymás közelébe, s a gravitációs kölcsönhatás következtében alakult ki köztük a ma látható anyaghíd.



1

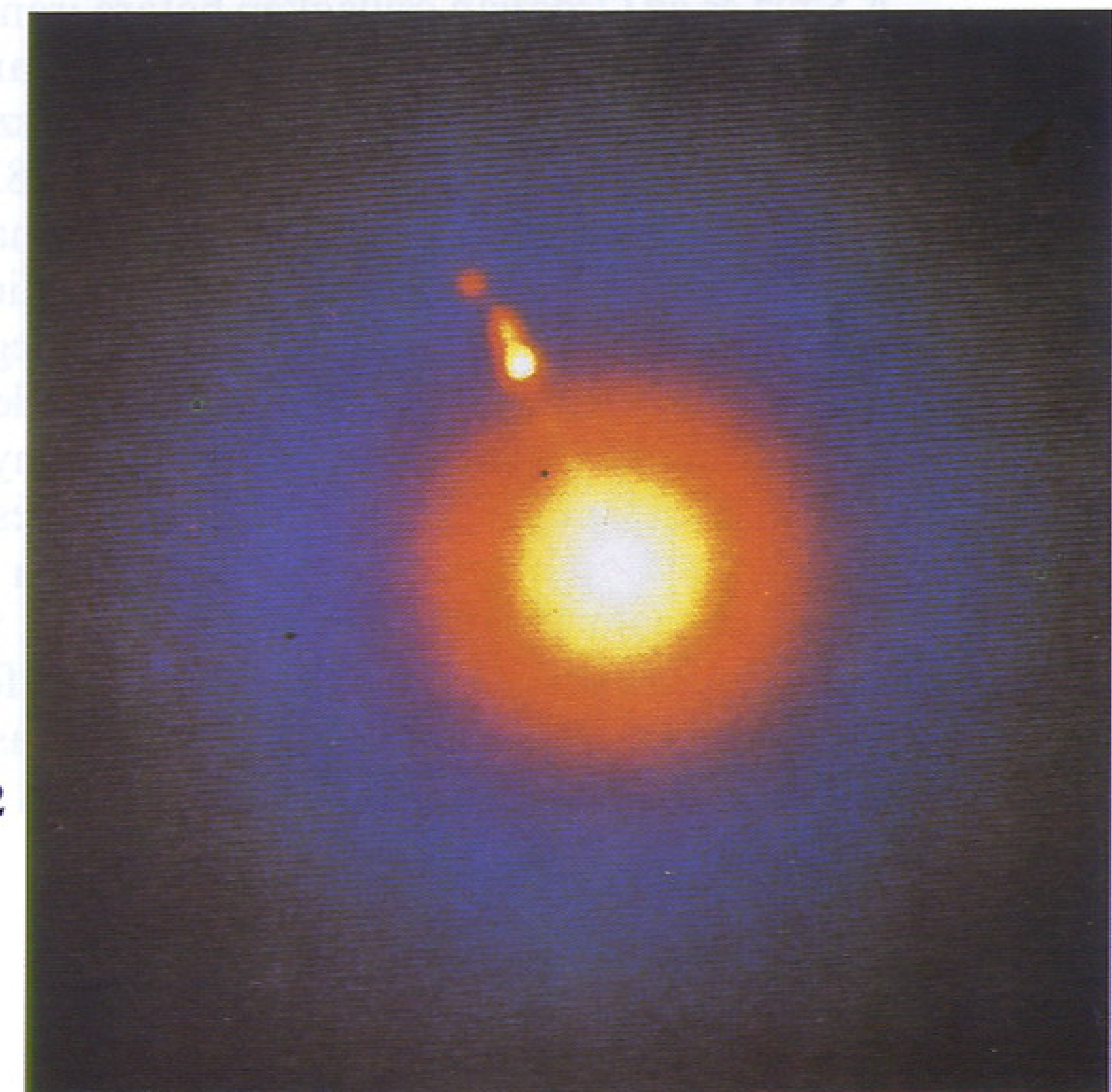
2



1. Az M 82 jelű különleges galaxis. Ez a tejútrendszer is egy galaxishalmaz tagja. Szabálytalan alakú, leginkább egy élben látható spirálisra hasonlít – ami nem véletlen, mert ez a galaxis valóban élben látszik. Tőlünk mintegy 10 millió fényévnyire van, érdekessége főleg fényképen fedezhető föl. Magjától ugyanis főleg a hidrogén színképvonalában látható szálas szerkezetű képződmények nyúlnak ki. Ez a magban lejátszódott hatalmas, talán másfél millió éve történt robbanás következménye lehet, amikor is a mag hidrogénfelhőkké oszlott, és anyaga 1000–1500 km/s sebességgel kilövődött a központi tartományból. A folyamatban öt-hat millió Nap tömegének megfelelő anyagmennyiség vesz részt, a felhasznált energia pedig akkora, hogy hasonlattal nem is szemléltethető (kb. $2{,}5 \cdot 10^{48}$ joule). Ezenfelül fényt, rádió- és egyéb sugárzásokat is kibocsát; csak infravörösben mintegy 10 milliárdszor annyit, mint a Nap! Az M 82 aktivitására különlegesen erős rádiósugárzása hívta föl a kutatók figyelmét. Hogy a folyamat energiája honnan származik, hogyan termelődik, arról ma még csak elméletek vannak.

2. Az M 87 jelű különleges galaxis. A már említett Virgo-galaxishalmaz központi égiteste. Elliptikus, de csaknem gömb alakú, körülötte sok gömbhalmazzal. Az ismert galaxisok közül az egyik legnagyobb tömegű és fényességű: tömege mintegy 800 milliárdszor akkora, mint a Napé. Az M 87 részletesebb vizsgálatára akkor került sor, amikor fölfedezték, hogy igen erős rádiósugárzása van. Azóta erős röntgensugárzása is ismert. Jó fényképfelvételeken észrevehető, hogy központi vidékéről egy fényes nyúlvány indul kifelé, amelyen három nagy csomó található. A nyúlvány kb. 4100 fényév hosszú és 400 fényév széles. A kutatók szerint a tejútrendszer magjában mintegy 500 ezer évvel ezelőtt hatalmas kitörés, robbanás játszódott le, s ez lökte ki azt az anyagot, amely a nyúlványt alkotja s ma is kifelé repül.


1


2

1. A Centaurus A. Azokat a tejútrendszereket, amelyek sokkal több energiát bocsátanak ki rádiósugárzás, mint fény formájában, rádiógalaxisoknak nevezzük. Ilyen az előző lapon említett M 82 és M 87 is, de még jellegzetesebb rádiógalaxis a Centaurus A. Ennek optikai képe olyan furcsa, hogy régebben két, éppen összeütköző galaxisnak tartották. Távolsága kb. 15 millió fényév. Rádiótávcsővel kimutatható igen érdekes szerkezete: az optikailag látható elliptikus galaxis két oldalán egy-egy rádiósugárzó „szárny" helyezkedik el. Ez a szerkezet mintha arra utalna, hogy a Cen A magjában is robbanás történt, s ez dobta ki szimmetrikusan két irányba a rádiósugárzó hirdogénfelhőket.

2. A Virgo-halmaz. A tejútrendszerek általában nem egyesével, magányosan járják útjukat a térben, hanem kisebb-nagyobb halmazokat alkotnak. Van olyan galaxishalmaz, amelynek csak néhány tagja van, de akad több ezer tagú is. Ilyen galaxishalmaz a már említett lokális csoport, amelybe a Tejútrendszer is beletartozik.

A Szűz és az Oroszlán csillagkép határa irányában van a Virgo-halmaz közepe. Ez talán 42 millió fényévre van tőlünk. A halmaz legfényesebb tagja az M 100 jelű tejútrendszer, de nem sokkal halványabb nála az előző táblán látható M 82 sem. E halmazba tartozik a Sombrero is. A Virgo-halmazt néha lokális szuperhalmaznak is nevezik. Átmérője mintegy 10 millió fényév, bonyolult szerkezete pedig térbeli térképen fölrajzolva egy virágra emlékeztet. Ennek a formának a kialakulása feltehetőleg annak köszönhető, hogy a tejútrendszerek születésének alapanyagát képező hidrogénfelhők nem voltak egyenletes sűrűségűek, és a kezdeti szerkezet nyomai láthatók a halmazon még ma is. Ez a helyzet különben a többi galaxishalmaznál is. A számítógéppel végzett vizsgálatok szerint a legtöbb galaxis és halmaz vonalakba, felületekbe tömörül, amelyeket egymástól nagy üres térrészek választanak el.



1

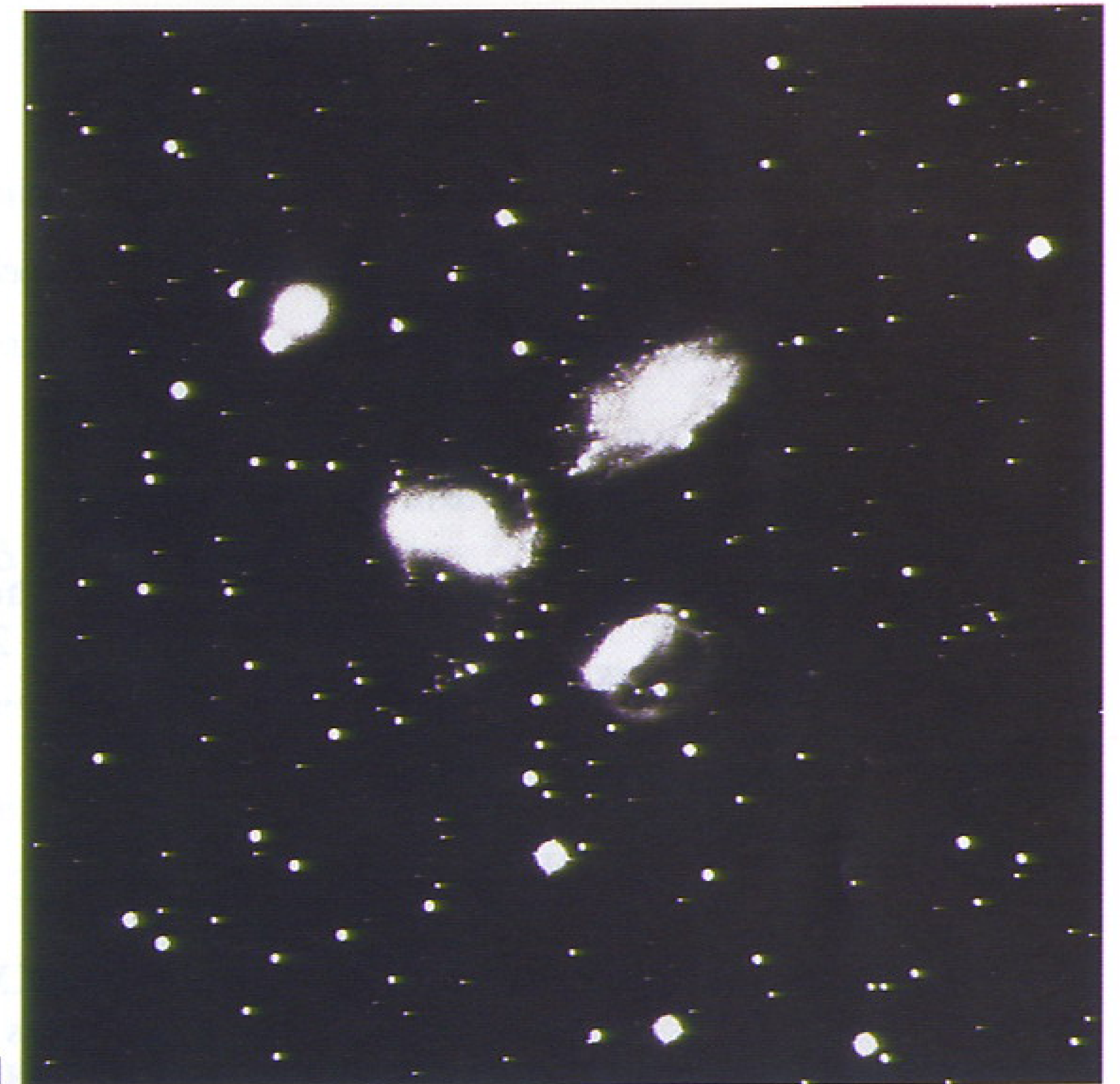


2

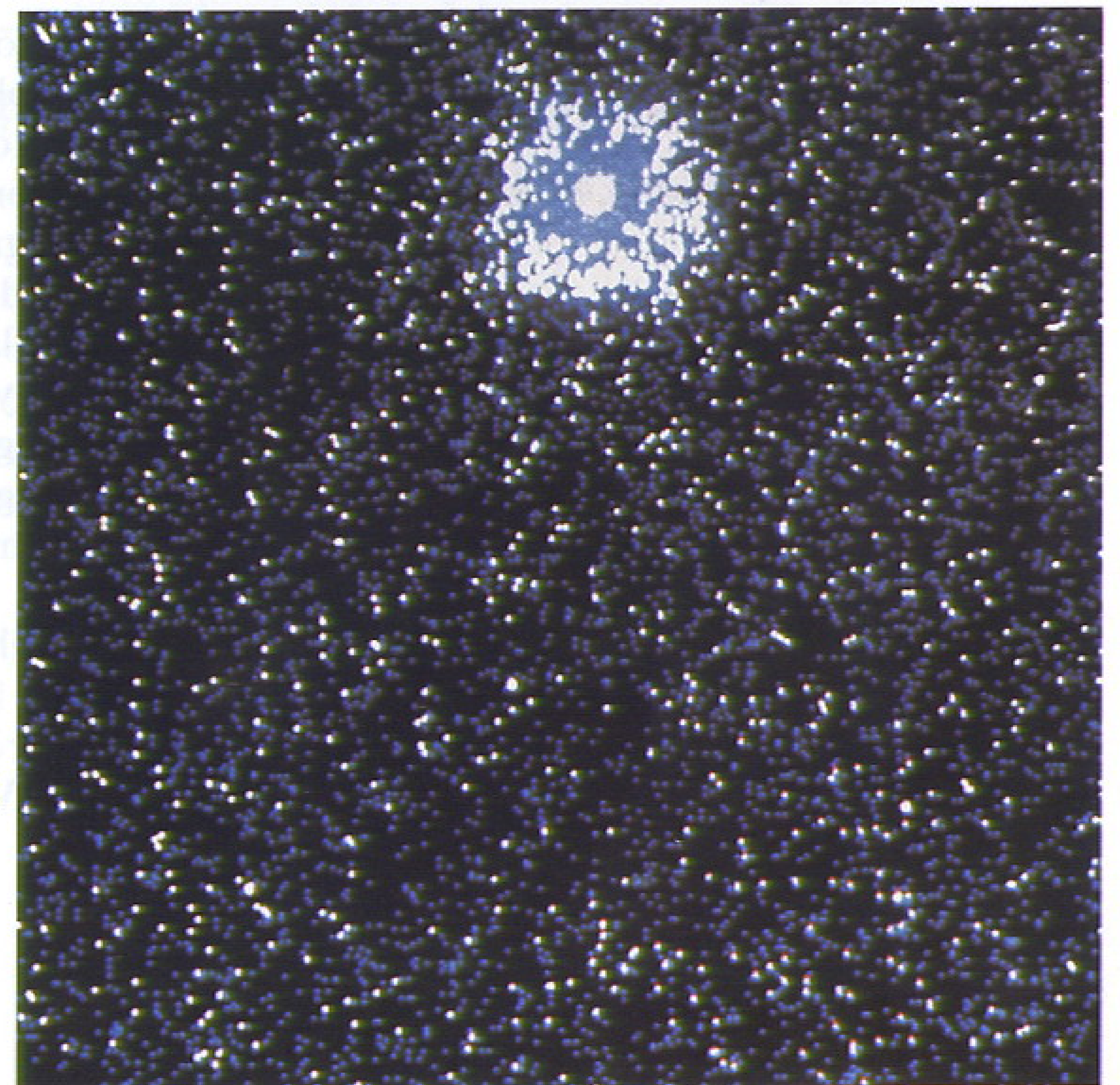
1. Galaxiscsoport. A galaxisok világában nem ritkaság, hogy két vagy több, egymáshoz közeli galaxis között kölcsönhatás van. Ez megnyilvánulhat abban, hogy tömegvonzásukkal megváltoztatják egymás alakját, szerkezetét, esetleg csillagokból és csillagközi anyagból álló hidakat alakítanak ki egymás között. A képen öt, egymásra kölcsönösen ható – és következésképpen egymáshoz közeli – galaxisból álló csoport látható.

1925 táján fölfedezték, hogy minél távolabb van egy tejútrendszer, annál erősebben eltolódnak színképében a színképvonalak a vörös felé (vöröseltolódás). Ezt azzal magyarázták, hogy a tejútrendszerek távolodnak tőlünk és egymástól, s távolodásuk sebessége arányos a távolságukkal. Eszerint két egymáshoz közeli galaxis vöröseltolódása nagyjából meg kell hogy egyezzék. Márpedig a bemutatott galaxisok egyikének vöröseltolódása erősen eltér a többiétől, s ez ellentmond az eddig elfogadott elméletnek. Az ellentmondás oka ma még ismeretlen. (Hasonló jelenséget több galaxiscsoportnál is felfedeztek.)

2. A 3 C 273 jelű kvazár. A kvazárok, azaz csillagszerű rádióforrások közül ezt fedezték föl elsőként. Erős rádiósugárzására figyeltek föl, s megkeresték távcsővel készült fényképeken a sugárzás forrását. Ez első pillantásra közönséges csillagnak látszott. Vöröseltolódása azonban meglepően nagynak bizonyult, ebből távolságát 1,5 milliárd fényévre becsülték. Ha a becslés helyes, akkor, hogy fénye számunkra látható legyen, nagyon sok energiát kell kisugároznia: kb. egybilliószor annyit, mint a Nap. És ezt nemcsak néhány másodpercig „bírja", hanem amennyire tudjuk, már legalább 100 éve, de valószínűleg még sokkal több idő óta! Energiatermelő részének mérete biztosan csupán néhány fényóra vagy legföljebb fénynap. Nem tudjuk, milyen fizikai folyamat eredményezhet ily kis térrészben ilyen hatalmas energiafelszabadulást.



1



2

NÉVMUTATÓ

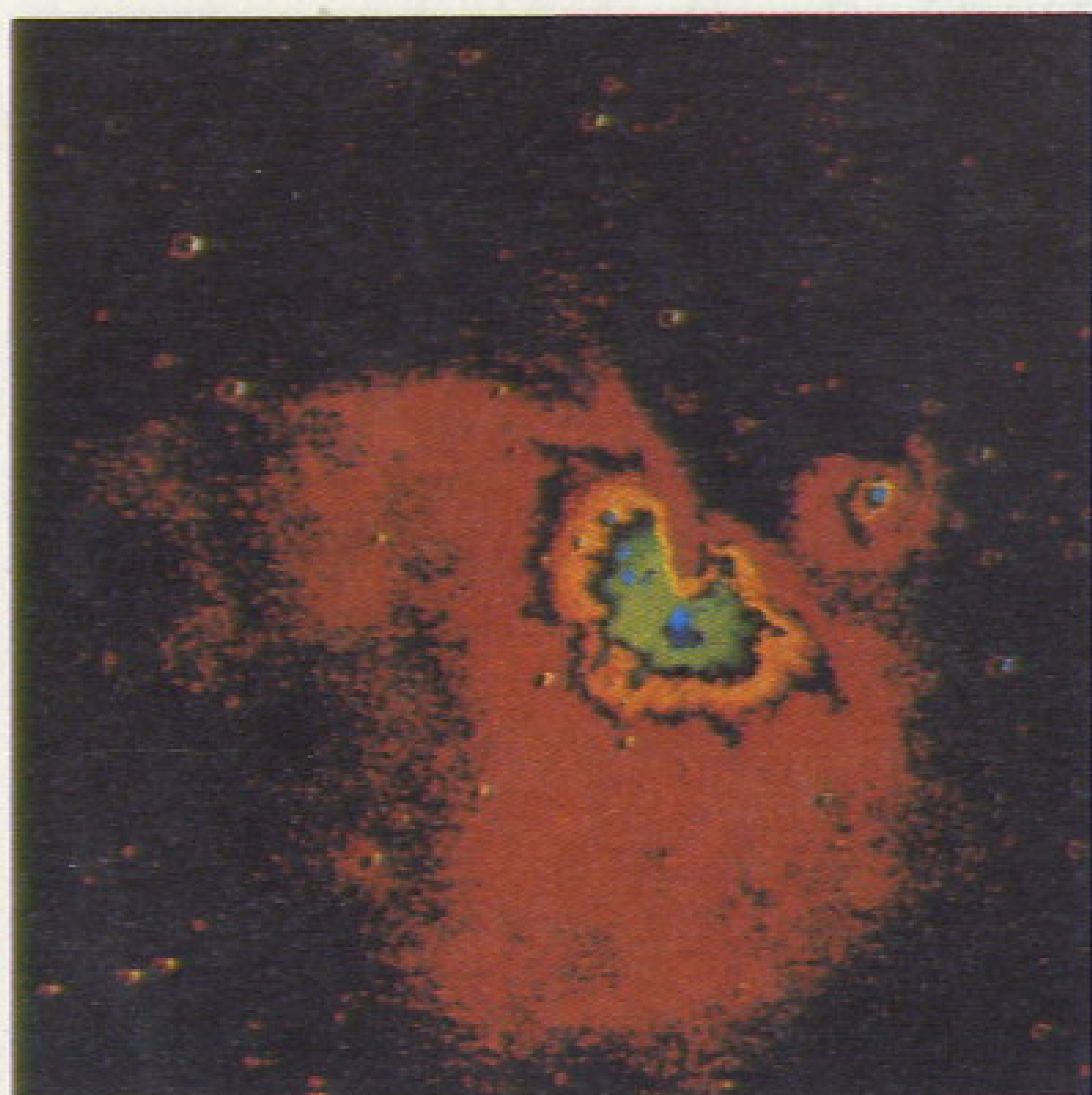
(A római szám a színes táblát, az arab szám a képeket ismertető szöveg-oldalt jelöli.)

HU ISSN 0324-3168

ISBN 963 11 6493 4

Móra Ferenc Ifjúsági Könyvkiadó, Budapest
Felelős kiadó: Sziládi János igazgató
Kossuth Nyomda (890005), Budapest, 1989
Felelős vezető: Bede István vezérigazgató
Felelős szerkesztő: Karádi Ilona
Szakmailag ellenőrizte: Taracsák Gábor
Műszaki vezető: Szakálos Mihály
Képszerkesztő: Árva Ilona
Műszaki szerkesztő: Deák Ferencné
Terjedelem: 2,76/A/5/ív. IF 6287

38,– Ft





A sorozatban
legutóbb megjelent kötetek:

Tengeri állatok 2. (2. kiadás)
Macskák
Vízinövények
Kína kerti virágai
Gyomnövények
Gombák 2.
Egzotikus hüllők
Állatkerti emlősök (3. kiadás)
Madarak (5. kiadás)
Szobanövények
Halak (4. kiadás)
Trópusi csigák, kagylók
Gyógynövények (2. kiadás)
Kutyák 2.
Egzotikus rovarok
Kultúrnövények 3.
Különös állatok (2. kiadás)
Égitestek